



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 20 527 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 P 3/16**  
H 01 P 5/18

②1 Aktenzeichen: 100 20 527.5  
②2 Anmeldetag: 27. 4. 2000  
④3 Offenlegungstag: 30. 11. 2000

DE 100 20 527 A 1

③0 Unionspriorität:  
11-120768 27. 04. 1999 JP

⑦1 Anmelder:  
Kyocera Corp., Kyoto, JP

⑦4 Vertreter:  
Beetz und Kollegen, 80538 München

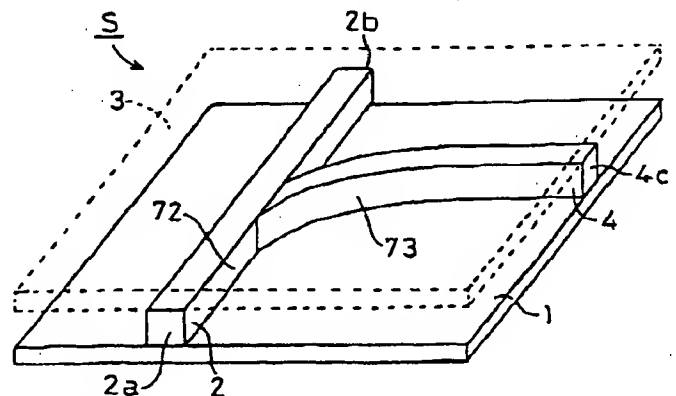
⑦2 Erfinder:  
Kii, Hironori, Kyoto, JP; Hiramatsu, Nobuki, Kyoto, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen, nichtstrahlender dielektrischer Wellenleiter und Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung

⑤7 Es wird ein NRD-Leiter (S) geschaffen, der in einem weiten Frequenzband verwendet werden kann, wobei die Ausgangspegel verteilter Hochfrequenzsignale im wesentlichen gleich sind, ohne eine präzise Positionierung zu erfordern, so daß seine Eignung für die Massenproduktion verbessert ist. Der NRD-Leiter umfaßt einen ersten geradlinigen dielektrischen Streifen (2) aus Cordierit-Keramik mit einer Dielektrizitätskonstante von 4, 8, mit einem dielektrischen Verlust von  $2,7 \times 10^{-4}$  (bei einer Meßfrequenz von 77 GHz) und einem Querschnitt von 1,0 mm x 2,25 mm (Breite x Höhe) sowie einen zweiten dielektrischen Streifen (4), der mit dem ersten dielektrischen Streifen (2) an einem Zwischenpunkt verbunden ist, so daß er längs eines Bogens hiervon abzweigt und zum ersten dielektrischen Streifen (2) einen Winkel von im wesentlichen 90° bildet. Die ersten und zweiten dielektrischen Streifen werden einteilig hergestellt, wobei der Krümmungsradius (r) einer Verbindungsstelle (Verzweigungsabschnitt) des zweiten dielektrischen Streifens 12,7 mm beträgt und somit größer als die Wellenlänge  $\lambda$  (5 mm) der Hochfrequenzsignale mit 60 GHz ist.



DE 100 20 527 A 1

Die Erfindung betrifft eine Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen, die in eine integrierte Millimeterwellenschaltung oder dergleichen eingebaut sind, um Frequenzsignale zu senden, aufzuteilen und zusammenzusetzen, einen die Verbindungsstruktur verwendenden nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiter sowie eine Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung.

Ein nichtstrahlender dielektrischer Wellenleiter S1 (im folgenden als NRD-Leiter bezeichnet), der einen herkömmlichen dielektrischen Streifen zum Senden von Hochfrequenzsignalen von mehreren zehn GHz verwendet, ist in Fig. 17 gezeigt. Fig. 17 ist eine teilweise aufgeschnittene perspektivische Ansicht des NRD-Leiters S1, der durch Zusammenfügen paralleler Plattenleiter 1, 3 oberhalb und unterhalb eines dielektrischen Streifens 2 mit rechtwinkligem Querschnitt gebildet ist, wobei jeder Plattenleiter 1, 3 eine Hauptoberfläche besitzt, die größer als die oberen und unteren Oberflächen des dielektrischen Streifens 2 ist. In dem NRD-Leiter S1 werden dann, wenn der Abstand zwischen den parallelen Plattenleitern 1, 3 höchstens gleich  $\lambda/2$  ist ( $\lambda$  ist die Wellenlänge von Hochfrequenzsignalen), Hochfrequenzsignale mit einer Wellenlänge größer als  $\lambda$  gekappt, so daß sie nicht in den Raum zwischen den parallelen Plattenleitern 1, 3 eintreten können. Der dielektrische Streifen 2 ist zwischen die parallelen Plattenleiter 1, 3 eingefügt, wobei sich Hochfrequenzsignale innerhalb und längs des dielektrischen Streifens 2 ausbreiten können und Strahlungswellen von den Hochfrequenzsignalen durch eine Kappungswirkung der parallelen Plattenleiter 1, 3 unterdrückt werden. Der Wert  $\lambda$  ist gleich der Wellenlänge von Hochfrequenzsignalen (elektromagnetischen Signalen), die sich in Luft ausbreiten. In Fig. 17 ist der obere parallele Plattenleiter 3 teilweise aufgeschnitten, um einen Blick in das Innere des NRD-Leiters zu ermöglichen.

Um in einem solchen NRD-Leiter Hochfrequenzsignale an einem Zwischenpunkt eines dielektrischen Streifens zu verzweigen, sind, wie in Fig. 18 gezeigt ist, eine Montagetechnik für dielektrische Streifen 11, 12 zum Verzweigen von Hochfrequenzsignalen in der Nähe eines Anschlusses eines dielektrischen Streifens 10, in den Hochfrequenzsignale eintreten, um sich darin auszubreiten, sowie eine Montagetechnik für dielektrische Streifen 13, 14 für die Ausbreitung von Hochfrequenzsignalen in der Nähe von Anschlüssen der dielektrischen Streifen 11, 12 verwendet worden (siehe die Arbeiten des Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, C-I, Bd. J75-C-I, Nr. 1, S. 35-41, Januar 1992). In diesem Fall sind der dielektrische Streifen 10 und die dielektrischen Streifen 11, 12 sowie die dielektrischen Streifen 11, 12 und die dielektrischen Streifen 13, 14 in vorgegebenen Abständen angeordnet, so daß Hochfrequenzsignale räumlich elektromagnetisch gekoppelt werden. Außerdem sind am Anschluß des dielektrischen Streifens 10 und an den Enden der dielektrischen Streifen 13, 14 Modenunterdrücker 15, die nicht erforderliche Sendemoden beseitigen, angeordnet. Fig. 18 ist eine perspektivische Ansicht der Innenseite eines derartigen NRD-Leiters.

In Fig. 19 ist eine weitere Konstruktion zur Verzweigung von Hochfrequenzsignalen an einem Zwischenpunkt eines dielektrischen Streifens in einem NRD-Leiter S2 gezeigt. Bei dieser Konstruktion kommt eine Montagetechnik eines geradlinigen dielektrischen Streifens 20 und eines gekrümmten (U-förmigen) dielektrischen Streifens 21 zur Anwendung, bei der sich ein gekrümmter Vorsprung des dielektrischen Streifens 21 in der Nähe eines Zwischenpunkts des dielektrischen Streifens 20 befindet; diese Technik ist wohlbekannt (siehe JP 6-174824-A (1994) und JP 8-8621-A (1996) sowie IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Bd. MTT-31, Nr. 8, August 1983, S. 648-654). In diesem NRD-Leiter S3 pflanzt sich ein Teil der in einen Eingangsanschluß 20a des dielektrischen Streifens 20 eintretenden Hochfrequenzsignale in den gekrümmten Vorsprung des dielektrischen Streifens 21 räumlich elektromagnetisch eingekoppelt werden und an einem Ausgangsanschluß 21c austreten. Der dielektrische Streifen 21, der Koppler genannt wird, besitzt an dem dem Ausgangsanschluß 21c gegenüberliegenden Ende einen nichtreflektierenden Abschluß 22, der die Reflexion der Hochfrequenzsignale unterdrückt. Fig. 19 ist eine perspektivische Ansicht des Inneren des NRD-Leiters S3.

Der Abstand L zwischen den beiden dielektrischen Streifen 20, 21 am proximalen Abschnitt wird so eingestellt, daß Hochfrequenzsignale in einem gewünschten Aufteilungsverhältnis verteilt werden können. In einem NRD-Leiter werden Hochfrequenzsignale im allgemeinen unter Verwendung eines Kopplers wie in Fig. 19 gezeigt verteilt.

In dem in Fig. 18 gezeigten NRD-Leiter S2 muß jedoch der Abstand zwischen den dielektrischen Streifen 10-14 im Hinblick auf die Anpassung der elektromagnetischen Kopplung präzise eingestellt werden, wobei die Komponentengenauigkeit sehr hoch ist, so daß der praktische Nutzen hiervon gering ist.

Daher wird hauptsächlich ein NRD-Leiter, der einen Koppler wie in Fig. 19 gezeigt besitzt, verwendet. Die Durchlaßeigenschaften für Hochfrequenzsignale in Abhängigkeit von der Frequenz ist in Fig. 20 gezeigt. Die Einstellung erfolgt in der Weise, daß Hochfrequenzsignale mit 60 GHz, wenn sie am Eingangsanschluß 20a eintreten, in zwei Anteile mit ungefähr gleichen Pegeln unterteilt und von den Ausgangsanschlüssen 20b, 21c ausgegeben werden. S<sub>ba</sub> bezeichnet einen Ausgangspegel von Hochfrequenzsignalen, die vom Ausgangsanschluß 20b austreten, während S<sub>ca</sub> einen Ausgangspegel von Hochfrequenzsignalen bezeichnet, die vom Ausgangsanschluß 21c austreten. Wie in Fig. 20 gezeigt ist, ändern sich die Ausgangspegel S<sub>ba</sub> und S<sub>ca</sub> stark, wenn die Frequenz von 60 GHz abweicht. Daher kann der herkömmliche NRD-Leiter S3 nur in einem schmalen Frequenzband, das um 60 GHz zentriert ist (60 GHz  $\pm$  1 GHz), verwendet werden und besitzt daher einen unzureichenden Frequenzgang im Gebiet der Kommunikationsvorrichtungen wie etwa eines Zellentelephons, die in einem weiten Band verwendet werden müssen.

Weiterhin ändern sich in dem NRD-Leiter S3 die Ausgangspegel S<sub>ba</sub> und S<sub>ca</sub> stark, wenn der Abstand L zwischen den dielektrischen Streifen 20, 21 in Fig. 19 geändert wird, so daß die dielektrischen Streifen mit hoher Genauigkeit angeordnet werden müssen und die Eignung der NRD-Leiter für eine Massenproduktion daher bis jetzt nicht verbessert werden konnte. Weiterhin benötigt der dielektrische Streifen 21 an einem seiner Enden den nichtreflektierenden Abschluß 22, der in dem Fall, in dem der NRD-Leiter bei 60 GHz verwendet wird, eine Länge von ungefähr 4-20 mm annimmt, was eine Größenverringerung des NRD-Leiters S3 verhindert und seine Entwurfsfreiheit einschränkt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen NRD-Leiter zu schaffen, der in einem weiteren Frequenzband als herkömmliche NRD-Leiter verwendet und daher auf Vorrichtungen angewendet werden kann, die in einem weiten Frequenzband verwendet werden, etwa Kommunikationsvorrichtungen, der ferner keine präzise Positionierung eines di-

elektrischen Streifens erfordert und daher für eine Massenproduktion besser geeignet ist und der schließlich keinen an einem dielektrischen Streifen angeordneten nichtreflektierenden Abschluß erfordert und somit mit hoher Flexibilität und verringerten Abmessungen entworfen werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Verbindungsstruktur nach Anspruch 1. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen gemäß der Erfindung umfaßt einen ersten geradlinigen dielektrischen Streifen, in dem sich Hochfrequenzsignale ausbreiten, und einen zweiten dielektrischen Streifen, der an einem Zwischenpunkt des ersten dielektrischen Streifens mit diesem verbunden ist, wobei eine Verbindungsstelle zwischen dem zweiten dielektrischen Streifen und dem ersten dielektrischen Streifen längs eines Bogens ausgebildet ist und der Krümmungsradius wenigstens gleich der Wellenlänge der Hochfrequenzsignale ist.

Diese Verbindungsstruktur kann so beschaffen sein, daß der erste dielektrische Streifen und der zweite dielektrische Streifen einteilig ausgebildet sind und keine präzise Positionierung wie im Fall einzeln angeordneter dielektrischer Streifen erfordern, so daß die Eignung für die Massenproduktion verbessert ist. Darüber hinaus erfordert der zweite dielektrische Streifen keinen nichtreflektierenden Abschluß, so daß die Verbindungsstruktur hinsichtlich ihres Entwurfs hochgradig flexibel ist und vorteilhaft verkleinert werden kann. Weiterhin ist der Krümmungsradius der Verbindung des zweiten dielektrischen Streifens mindestens gleich der Wellenlänge der Hochfrequenzsignale gesetzt, so daß die Verbindungsstruktur in einem weiten Frequenzband verwendet werden kann und die Ausgangspegel verteilter Hochfrequenzsignale im wesentlichen gleich sind, woraus sich ein weiterer Anwendungsbereich auf Kommunikationsvorrichtungen wie etwa Zellentelephone ergibt.

Der nichtstrahlende dielektrische Wellenleiter gemäß der Erfindung umfaßt die obenbeschriebene Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen, die zwischen parallelen Plattenleitern angeordnet sind, die um eine Strecke beabstandet sind, die höchstens gleich  $\lambda/2$  ist, wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der Hochfrequenzsignale ist.

Der nichtstrahlende dielektrische Wellenleiter kann verhindern, daß von den dielektrischen Streifen ausgehende Strahlungskomponenten Hochfrequenzsignale mit hohem Wirkungsgrad übertragen, wobei der nichtstrahlende dielektrische Wellenleiter in einem erheblich weiteren Band verwendet werden kann, so daß seine allgemeine Nützlichkeit für eine Kommunikationsvorrichtung, ein Millimeterwellen-Radar oder dergleichen, die eine integrierte Millimeterwellenschaltung enthalten, erhöht ist.

Der nichtstrahlende dielektrische Wellenleiter der Erfindung umfaßt einen ersten geradlinigen dielektrischen Streifen und einen zweiten dielektrischen Streifen, der mit dem ersten dielektrischen Streifen an einem Zwischenpunkt verbunden ist, wobei eine Verbindung zwischen dem zweiten dielektrischen Streifen und dem ersten dielektrischen Streifen längs eines Bogens ausgebildet ist, dessen Krümmungsradius wenigstens gleich der Wellenlänge der Hochfrequenzsignale ist. Daher kann der nichtstrahlende dielektrische Wellenleiter so beschaffen sein, daß der erste dielektrische Streifen und der zweite dielektrische Streifen einteilig ausgebildet sind und keine präzise Positionierung erfordern, so daß seine Eignung für die Massenproduktion verbessert ist. Darüber hinaus erfordert der zweite dielektrische Streifen keinen nichtreflektierenden Abschluß, so daß der Entwurf des nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiters hochgradig flexibel ist und für eine Größenverringerung gut geeignet ist. Weiterhin kann der erfindungsgemäße Wellenleiter in einem weiten Band verwendet werden, wenn die Ausgangspegel verteilter Hochfrequenzsignale nahezu gleich sind, wodurch seine allgemeine Nützlichkeit für eine Hochfrequenzschaltung erhöht wird und einen weiten Anwendungsbereich auf eine Kommunikationsvorrichtung wie etwa ein Zellentelephon, ein Millimeterwellen-Radar oder dergleichen findet.

In dem Wellenleiter liegt der Krümmungsradius der Verbindungsstelle zwischen dem zweiten dielektrischen Streifen und dem ersten dielektrischen Streifen vorzugsweise im Bereich von  $\lambda$  bis  $3\lambda$ .

In diesem nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiter ist der Krümmungsradius der Verbindung zwischen dem zweiten dielektrischen Streifen und dem ersten dielektrischen Streifen aus einem Bereich von  $\lambda$  bis  $3\lambda$  gewählt, wobei der Wellenleiter Hochfrequenzsignale mit nahezu gleichen Ausgangsstärken verteilen kann und daher vorteilhaft verkleinert werden kann.

In dem Wellenleiter ist der zweite dielektrische Streifen dann, wenn er längs eines Bogens von der Verbindungsstelle zum ersten dielektrischen Streifen verlängert ist, vorzugsweise so ausgebildet, daß die Tangente des verlängerten Abschnitts eine Seitenwand des ersten dielektrischen Streifens berührt.

In diesem nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiter gelangt die Tangente des zweiten dielektrischen Streifens, der ausgehend von der bogenförmigen Verbindung verlängert ist, mit einer Seitenwand des ersten dielektrischen Streifens in Kontakt, wobei der nichtstrahlende dielektrische Wellenleiter Hochfrequenzsignale gleich verteilen kann.

In diesem Wellenleiter ist die Frequenz der Hochfrequenzsignale vorzugsweise wenigstens gleich 50 GHz.

In diesem nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiter, der in einem Millimeterwellen-Radar für Kraftfahrzeuge angeordnet ist, werden Millimeterwellen durch den ersten dielektrischen Streifen geleitet und dann auf ein Hindernis in der Nähe des Kraftfahrzeugs oder auf andere Kraftfahrzeuge gerichtet, wobei durch Synthetisieren der reflektierten Wellen mit durch den zweiten dielektrischen Streifen geleiteten Hochfrequenzsignalen Zwischenfrequenzsignale erzeugt werden, die anschließend analysiert werden, um den Abstand des Kraftfahrzeugs vom Hindernis oder von anderen Kraftfahrzeugen, die Fahrgeschwindigkeit, die Bewegungsrichtung und dergleichen zu bestimmen.

In diesem Wellenleiter sind die parallelen Plattenleiter aus Cu, Al, Fe, Ag, Au, Pt oder rostfreiem Stahl hergestellt.

In diesem nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiter sind die parallelen Plattenleiter aus Cu, Al, Fe, Ag, Au oder Pt oder aus rostfreiem Stahl hergestellt, wobei der Wellenleiter eine hohe spezifische elektrische Leitfähigkeit und eine gute Verarbeitbarkeit besitzt.

In diesem Wellenleiter sind der erste dielektrische Streifen und der zweite dielektrische Streifen aus einem organischen Harzmaterial, einem organisch/anorganischen Verbundwerkstoff oder aus Keramik hergestellt.

In diesem nichtstrahlenden dielektrischen Wellenleiter sind der erste dielektrische Streifen und der zweite dielektrische Streifen aus einem organischen Harzwerkstoff, einem organischen/anorganischen Verbundwerkstoff oder aus Keramik hergestellt, wobei der Wellenleiter einfach verarbeitet werden kann und für Hochfrequenzsignale einen niedrigen Verlust besitzt und für die Massenproduktion geeignet ist.

Eine Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung gemäß einem Aspekt der Erfindung umfaßt

- (a) einen spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt, der umfaßt:  
eine Hochfrequenzdiode zum Ausgeben von Hochfrequenzsignalen im Millimeterwellenband und  
eine Diode mit variabler Kapazität, die so angeordnet ist, daß die Richtung, in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die die Hochfrequenzsignale als frequenzmodulierte Sendemillimeterwellensignale ausgibt, wobei die Frequenzmodulation durch periodisches Steuern einer Vorspannung erfolgt,  
wobei der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt an einem Ende eines ersten dielektrischen Streifens installiert ist,
- (b) einen zweiten dielektrischen Streifen, der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sendemillimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens an einem Punkt verbunden ist, der sich in Senderichtung der Sendemillimeterwellensignale des ersten dielektrischen Streifens hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt befindet;
- (c) einen Zirkulator, der ein Eingangsende, ein Eingangs-/Ausgangsende und ein Ausgangsende besitzt und mit seinem Eingangsende mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende Sendemillimeterwellensignale ausgibt, die in sein Eingangsende(78) eingegeben werden, und an sein Ausgangsende Empfangssignale ausgibt, die in sein Eingangs-/Ausgangsende eingegeben werden;
- (d) einen dritten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist, wobei am anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne angeordnet ist;
- (e) einen vierten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit dem Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist;
- (f) einen Mischer, der den zweiten dielektrischen Streifen und den vierten dielektrischen Streifen verbindet, um Signale, die an die zweiten bzw. vierten dielektrischen Streifen übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- (g) ein Paar Leiterplatten, die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge der Millimeterwellensignale ist, wobei in dem Zwischenraum die ersten bis vierten dielektrischen Streifen, der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt, der Zirkulator und der Mischer angeordnet sind.

In dieser Vorrichtung ist der Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt mit Krümmungsradius gekrümmt und ist der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer einen Aufbau, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des zweiten dielektrischen Streifens mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des vierten dielektrischen Streifens elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die beiden Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen längs eines bogenförmigen Abschnitts mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens verbunden ist.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens, der einen Krümmungsradius  $r$  besitzt, so verbunden ist, daß sich ein geradliniger Abschnitt ergibt.

Eine Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung umfaßt

- (a) eine Hochfrequenzdiode, die Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband ausgibt;
- (b) einen ersten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit der Hochfrequenzdiode verbunden ist, damit sich von der Hochfrequenzdiode ausgegebene Hochfrequenzsignale in ihm ausbreiten;
- (c) eine Impulsmodulationsdiode, die zwischen den ersten dielektrischen Streifen eingefügt oder längs des ersten dielektrischen Streifens installiert ist, so daß die Richtung, in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die die Sendemillimeterwellensignale, die impulsmodulierte Signale der Hochfrequenzsignale sind, die durch Einschalten/Ausschalten einer Vorspannung moduliert werden, ausgibt;
- (d) einen zweiten dielektrischen Streifen, der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge der Sendemillimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens in Senderichtung der Sendemillimeterwellensignale hinter der Impulsmodulationsdiode des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist;
- (e) einen Zirkulator, der ein Eingangsende, ein Eingangs-/Ausgangsende und ein Ausgangsende besitzt, mit seinem Eingangsende mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende Sendemillimeterwellensignale, die in sein Eingangsende eingegeben werden, ausgibt und an sein Ausgangsende Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Ausgangsende eingegeben werden, ausgibt;
- (f) einen dritten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist, wobei an seinem anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne angeordnet ist;
- (g) einen vierten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit dem Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist;
- (h) einen Mischer, der den zweiten dielektrischen Streifen mit dem vierten dielektrischen Streifen verbindet, um Signale, die an den zweiten bzw. den vierten dielektrischen Streifen übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- (i) ein Paar Leiterplatten, die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge der Millimeterwellensignale ist, wobei in dem Zwischenraum die ersten bis vierten dielektrischen Streifen, die Impulsmodulationsdiode, der Zirkulator und der Mischer angeordnet sind.

In dieser Vorrichtung ist der Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens, der an einem Punkt hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt angeordnet ist, mit einem Krümmungsradius  $r$  gekrümmt und ist der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer vorzugsweise einen Aufbau, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des zweiten dielektrischen Streifens mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des vierten dielektrischen Streifens elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die beiden Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen längs eines bogenförmigen Abschnitts mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens verbunden ist.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens, der einen Krümmungsradius  $r$  besitzt, so verbunden ist, daß sich ein geradliniger Abschnitt ergibt.

Erfindungsgemäß werden Hochfrequenzsignale des Millimeterwellenbandes, die von der Hochfrequenzdiode ausgehen werden, durch den ersten dielektrischen Streifen geschickt, wird eine Vorspannung in der Diode mit variabler Kapazität durch eine Modulationswelle, die gemäß einer Dreieckswelle oder dergleichen periodisch geändert wird, frequenzmoduliert, werden Sende-Millimeterwellensignale von dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt, der aus der Hochfrequenzdiode und der Diode mit variabler Kapazität aufgehaut ist, durch den ersten dielektrischen Streifen geschickt und vom geradlinigen Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens durch das Eingangsende des Zirkulators zum Eingangs-/Ausgangsende des Zirkulators ausgegeben, um von einer Sende-/Empfangsantenne auf ein Ziel gestrahlt zu werden. Die vom Ziel reflektierten Wellen werden von der Sende-/Empfangsantenne durch den dritten dielektrischen Streifen geschickt und vom Eingangs-/Ausgangsende zum Ausgangsende des Zirkulators geleitet, wobei der vierte dielektrische Streifen und der zweite dielektrische Streifen des Mixers verbunden sind, um Zwischenfrequenzsignale zu erhalten. Der Mischer kann entweder wie in Fig. 8 oder wie in Fig. 9 gezeigt konstruiert sein.

Es ist möglich, Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband von der Hochfrequenzdiode einer Impulsmodulation zu unterwerfen, um sie in Sende-Millimeterwellensignale umzusetzen. In diesem Fall wird in Senderichtung der ersten dielektrischen Streifen in den Weg eine Impulsmodulationsdiode wie etwa eine PIN-Diode oder eine Schottky-Diode so eingefügt oder längs dieses Wegs so installiert, daß die Richtung, in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, um die Hochfrequenzsignale durch Einschalten und Ausschalten der Vorspannung in Impulse umzusetzen. Wenn die Impulsmodulationsdiode zwischen die ersten dielektrischen Streifen eingesetzt ist, wird als Impulsmodulationsdiode eine PIN-Diode mit dem in Fig. 11 gezeigten Aufbau verwendet. Wenn die Impulsmodulationsdiode längs der ersten dielektrischen Streifen installiert ist, wird zwischen die dielektrischen Streifen ein weiterer Zirkulator eingefügt, an dessen Eingangs-/Ausgangsende ein weiterer dielektrischer Streifen angeschlossen ist, wovon an einem Ende eine Schottky-Diode mit einem in Fig. 11 gezeigten Aufbau vorgesehen ist. In diesem Fall sind die Eingangs- und Ausgangsenden des Zirkulators mit den ersten dielektrischen Streifen verbunden. Die Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung der Erfindung kann sowohl den spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt als auch die Impulsmodulationsdiode umfassen.

Ein Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung gemäß einem nochmals weiteren Aspekt der Erfindung umfaßt

- (a) einen spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt, der umfaßt:  
eine Hochfrequenzdiode, die Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband ausgibt, und  
eine Diode mit variabler Kapazität, die so angeordnet ist, daß die Richtung, in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die die Hochfrequenzsignale als frequenzmodulierte Sende-Millimeterwellensignale ausgibt, wobei die Modulation durch periodisches Steuern einer Vorspannung erfolgt,  
wobei der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt an einem Ende eines ersten dielektrischen Streifens installiert ist;
- (b) einen zweiten dielektrischen Streifen, der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens in Senderichtung der Sende-Millimeterwellensignale des ersten dielektrischen Streifens hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt verbunden ist;
- (c) einen Zirkulator, der ein Eingangsende, ein Eingangs-/Ausgangsende und ein Ausgangsende besitzt, mit seinem Eingangsende mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende Sende-Millimeterwellensignale, die in sein Eingangsende eingegeben werden, ausgibt und an sein Ausgangsende Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Ausgangsende eingegeben werden, ausgibt;
- (d) einen dritten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist, wobei am anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne angeordnet ist;
- (e) einen Abschluß, der mit dem Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist;
- (f) einen vierten dielektrischen Streifen, wovon an einem Ende eine Empfangsantenne vorgesehen ist und der empfangene Millimeterwellensignale leitet;
- (g) einen Mischer, der den zweiten dielektrischen Streifen mit dem vierten dielektrischen Streifen verbindet, um Signale, die an die zweiten bzw. vierten dielektrischen Streifen übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- (h) ein Paar Leiterplatten, die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge der Millimeterwellensignale ist, wobei in dem Zwischenraum die ersten bis vierten dielektrischen Streifen, der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt, der Zirkulator und der Mischer angeordnet sind.

In dieser Vorrichtung ist der Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens an dem Punkt hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt bogenförmig mit Krümmungsradius  $r$  und ist der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer vorzugsweise einen Aufbau, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des zweiten dielektrischen Streifens mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des vierten dielektrischen Streifens elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die zwei Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen längs eines bogenförmigen Abschnitts mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens verbunden ist, so daß sich ein geradliniger Abschnitt ergibt.

Eine Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung gemäß einem nochmals weiteren Aspekt der Erfindung umfaßt

- (a) eine Hochfrequenzdiode, die Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband ausgibt;
- (b) einen ersten dielektrischen Streifen, der mit einem Ende mit der Hochfrequenzdiode verbunden ist und durch den sich Hochfrequenzsignale ausbreiten, die von der Hochfrequenzdiode ausgegeben werden;
- (c) eine Impulsmodulationsdiode, die zwischen den ersten dielektrischen Streifen eingefügt oder längs des ersten dielektrischen Streifens installiert ist, so daß die Richtung, in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die Sende-Millimeterwellensignale ausgibt, die impulsmodulierte Signale der Hochfrequenzsignale sind, wobei die Impulsmodulation durch Einschalten/Ausschalten einer Vorspannung erfolgt;
- (d) einen zweiten dielektrischen Streifen, der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens in Senderichtung der Sende-Millimeterwellensignale hinter der Impulsmodulationsdiode des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist;
- (e) einen Zirkulator, der ein Eingangsende, ein Eingangs-/Ausgangsende und ein Ausgangsende besitzt, mit seinem Eingangsende mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende Sende-Millimeterwellensignale, die in sein Eingangsende eingegeben werden, ausgibt und an sein Ausgangsende Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Ausgangsende eingegeben werden, ausgibt;
- (f) einen dritten dielektrischen Streifen, wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist, wobei am anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne angeordnet ist;
- (g) einen Abschluß, der mit dem Ausgangsende des Zirkulators verbunden ist;
- (h) einen vierten dielektrischen Streifen, wovon an einem Ende eine Empfangsantenne vorgesehen ist und der empfangene Millimeterwellensignale leitet;
- (i) einen Mischer, der den zweiten dielektrischen Streifen mit dem vierten dielektrischen Streifen verbindet, um Signale, die an die zweiten bzw. vierten dielektrischen Streifen übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- (j) ein Paar Leiterplatten, die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge der Millimeterwellensignale angeordnet sind, wobei in dem Zwischenraum zwischen den Leiterplatten die ersten bis vierten dielektrischen Streifen, die Impulsmodulationsdiode, der Zirkulator und der Mischer angeordnet sind.

In dieser Vorrichtung ist der Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt mit Krümmungsradius  $r$  gekrümmt und ist der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer vorzugsweise einen Aufbau, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des zweiten dielektrischen Streifens mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt an einem Zwischenpunkt in Senderichtung des vierten dielektrischen Streifens elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die zwei Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen längs eines bogenförmigen Abschnitts mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens verbunden ist.

In dieser Vorrichtung besitzt der Mischer alternativ einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen mit dem bogenförmigen Abschnitt des vierten dielektrischen Streifens, der einen Krümmungsradius  $r$  besitzt, verbunden ist, woraus sich ein geradliniger Abschnitt ergibt.

Erfindungsgemäß werden Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband, die von der Hochfrequenzdiode ausgegeben werden, durch den ersten dielektrischen Streifen geschickt, wobei Sende-Millimeterwellensignale, die durch Modulation der Vorspannung in der Diode mit variabler Kapazität durch eine Modulationswelle, die gemäß einer Dreieckswelle oder dergleichen periodisch geändert wird, erhalten werden, durch den ersten dielektrischen Streifen zum Eingangsende des Zirkulators geschickt werden. Die Sende-Millimeterwellensignale, die vom Eingangs-/Ausgangsende des Zirkulators ausgegeben werden, werden durch den dritten dielektrischen Streifen von einer Sendeantenne zu einem Ziel gestrahlt.

Es ist möglich, daß die Hochfrequenzsignale des Millimeterwellenbandes impulsmoduliert werden, um in Sende-Millimeterwellensignale umgesetzt zu werden. In diesem Fall ist an einem Zwischenpunkt in Senderichtung der ersten dielektrischen Streifen eine Impulsmodulationsdiode wie etwa eine PIN-Diode oder eine Schottky-Diode so eingefügt oder längs des Wegs so installiert, daß die Richtung, in der die Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, um die Hochfrequenzsignale durch Einschalten und Ausschalten der Vorspannung in Impulse umzusetzen.

Vom Ziel reflektierte Wellen werden von einer Empfangsantenne empfangen und durch einen vierten dielektrischen

Streifen an den Mischer geliefert. An den Mischer werden Sende-Millimeterwellensignale vom zweiten dielektrischen Streifen, der längs eines Bogens mit dem geradlinigen Abschnitt des ersten dielektrischen Streifens verbunden ist, geliefert. Somit können mit dem Mischer Zwischenfrequenzsignale erhalten werden, die erzeugt werden durch Mischen der reflektierten Wellen, die von der Empfangsantenne empfangen werden, mit den Sende-Millimeterwellensignalen vom zweiten dielektrischen Streifen.

Die vom Ziel reflektierten Wellen werden an die Sendeantenne und vom Zirkulator über das Ausgangsende des Zirkulators an einen Abschluß geliefert. Die an den Abschluß gelieferten Signale werden ohne Erzeugung von reflektierten Wellen in Wärme umgesetzt.

Der Mischer kann wie in Fig. 13 oder in Fig. 14 gezeigt konstruiert sein.

Weitere Merkinale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht des Inneren eines NRD-Leiters S mit einer Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen der Erfindung;

Fig. 2 eine Draufsicht der Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen nach Fig. 1;

Fig. 3 eine Vorderansicht eines in den Fig. 1 und 2 gezeigten NRD-Leiters S;

Fig. 4 eine Draufsicht einer Ausführungsform der Verbindungsstruktur, in der der zweite dielektrische Streifen U-förmig ist;

Fig. 5 eine Draufsicht einer Ausführungsform der Verbindungsstruktur, in der zwei zweite dielektrische Streifen vorhanden sind;

Fig. 6 einen Blockschaltplan zur Erläuterung der Konstruktion eines Teils eines Radarsystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 7 eine Ansicht zur Erläuterung der Arbeitsprinzipien des Millimeterwellen-Radarmoduls nach Fig. 6;

Fig. 8 eine Draufsicht einer vereinfachten Konstruktion des Millimeterwellen-Radarmoduls der Fig. 6 und 7;

Fig. 9 eine vereinfachte Draufsicht eines weiteren Millimeterwellen-Radarmoduls, das das Millimeterwellen-Radarmodul in der Ausführungsform der Fig. 6-8 ersetzen kann;

Fig. 10 eine perspektivische Ansicht des Gesamtaufbaus eines beispielhaften spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitts;

Fig. 11 eine perspektivische Ansicht einer Leiterplatte, die in dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt enthalten ist;

Fig. 12 einen Blockschaltplan zur Erläuterung des Gesamtaufbaus eines Millimeterwellen-Radars gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 13 eine vereinfachte Draufsicht eines spezifischen Aufbaus eines Millimeterwellen-Radarmoduls von Fig. 12;

Fig. 14 eine vereinfachte Draufsicht eines Millimeterwellen-Radarmoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 15 eine Ansicht einer Struktur eines Abschlusses, der an einem Ende eines fünften dielektrischen Streifens, der in den Fig. 13 und 14 gezeigt ist, angeordnet ist;

Fig. 16 einen Graphen des Frequenzgangs des NRD-Leiters S der Erfindung;

Fig. 17 die bereits erwähnte teilweise aufgeschnittene perspektivische Ansicht eines herkömmlichen Einzelstreifen-NRD-Leiters S1;

Fig. 18 die bereits erwähnte perspektivische Ansicht des Inneren eines eine geradlinige Verzweigungsschaltung bildenden NRD-Leiters S2;

Fig. 19 die bereits erwähnte perspektivische Ansicht des Inneren eines NRD-Leiters S3, der mittels eines Richtungskopplers eine Verteilungsschaltung bildet; und

Fig. 20 den bereits erwähnten Graphen des Frequenzgangs des herkömmlichen NRD-Leiters S3 von Fig. 19.

Im folgenden werden eine Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen und ein NRD-Leiter gemäß der Erfindung erläutert. Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht des Inneren des NRD-Leiters S der Erfindung, während Fig. 2 eine Draufsicht der Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen der Erfindung ist. Fig. 3 ist eine Vorderansicht eines NRD-Leiters S, der in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist. In Fig. 1 bezeichnen die Bezugszeichen 1, 3 ein Paar paralleler Plattenleiter, während das Bezugszeichen 2 einen ersten geradlinigen dielektrischen Streifen bezeichnet und das Bezugszeichen 4 einen zweiten dielektrischen Streifen, der mit dem ersten dielektrischen Streifen 2 an einem Zwischenpunkt verbunden ist und somit von diesem abzweigt, bezeichnet, wobei die Verbindung bogenförmig ist. Ferner bezeichnet das Bezugszeichen 2a einen Eingangsanschluß des ersten dielektrischen Streifens 2, bezeichnet das Bezugszeichen 2b einen Ausgangsanschluß des ersten dielektrischen Streifens 2 und bezeichnet das Bezugszeichen 4c einen Ausgangsanschluß des zweiten dielektrischen Streifens 4. Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht des Inneren der Verbindungsstruktur. Längs einer Seitenfläche 72 des ersten dielektrischen Streifens 2 verläuft der zweite dielektrische Streifen 4, wovon eine Seitenoberfläche 73 radial einwärts gebogen ist, tangential. Der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4 besitzen im wesentlichen die gleiche Querschnittsform, die rechtwinklig oder quadratisch ist.

Erfindungsgemäß ist der zweite dielektrische Streifen 4 wenigstens an der Verbindung 4a bogenförmig und kann durch Modifizieren in der Weise, daß der von der Verbindung 4a verschiedene Rest geradlinig ist, gebildet sein, alternativ kann der gesamte zweite dielektrische Streifen 4 bogenförmig sein oder kann der von der Verbindung 4a verschiedene Rest wie eine elliptische Kurve, eine hyperbolische Kurve, eine quadratische Kurve oder eine wellige Kurve geformt sein. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist der Krümmungsradius  $r$  der Verbindung des zweiten dielektrischen Streifens 4 wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Hochfrequenzsignale, die sich in den dielektrischen Streifen 2 und 4 ausbreiten, wobei die Hochfrequenzsignale durch den ersten dielektrischen Streifen 2 und den zweiten dielektrischen Streifen 4 mit im wesentlichen gleichen Ausgangspegeln verteilt werden können. Außerdem ist der Krümmungsradius  $r$  der Verbindung 4a vorzugsweise gleich oder kleiner als  $3\lambda$ . In dem Fall, in dem der Krümmungsradius größer als  $3\lambda$  ist, wird die Verbindungsstruktur groß, so daß der Vorteil einer Größenverringerung nicht erzielt werden kann.

Wenn hingegen der Krümmungsradius  $r$  der Verbindung 4a kleiner als eine Wellenlänge  $\lambda$  gesetzt ist, wird die Ver-



zweigungsfestigkeit mit dem zweiten dielektrischen Streifen 4 gering.

Der zweite dielektrische Streifen 4 hat vorzugsweise eine Form, derart, daß bei einer imaginären Verlängerung der bogenförmigen Verbindung 4a, die in Fig. 2 durch eine Strichlinie gezeigt ist, die Tangente hiervon mit einer Seitenwand 74 des ersten dielektrischen Streifens 2 in Kontakt gelangt. Dies ist für eine Gleichverteilung von Hochfrequenzsignalen optimal.

Der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4, die wie oben beschrieben einteilig ausgebildet sind, sind zwischen den parallelen Plattenleitern 1, 3 installiert, wodurch ohne präzise Positionierung ein dielektrischer Streifen für die Ausbreitung von Hochfrequenzwellen, ein NRD-Leiter S und dergleichen, die einen bevorzugten Frequenzgang besitzen, einfach hergestellt werden können. Ferner kann der NRD-Leiter S der Erfindung auf eine Hochfrequenzschaltung angewendet werden, die Hochfrequenzsignale in einem Band von 20 bis 500 GHz verwendet, und kann vorzugsweise in einem Hochfrequenzband speziell von wenigstens 50 GHz oder speziell von wenigstens 70 GHz verwendet werden. Genauer kann der NRD-Leiter S der Erfindung in einem Zellentelephon, in einem Millimeterwellen-Radar für Kraftfahrzeuge und dergleichen verwendet werden. Beispielsweise können durch Leiten von Millimeterwellen durch den ersten dielektrischen Streifen 2, um Hindernisse und Kraftfahrzeuge um das betrachtete Kraftfahrzeug zu bestrahlen, durch Synthetisieren der reflektierten Wellen mit den Hochfrequenzsignalen vom zweiten dielektrischen Streifen 4, um Zwischenfrequenzsignale zu erhalten, und durch Analysieren der Zwischenfrequenzsignale die Abstände zu den Hindernissen und den umgebenden Kraftfahrzeugen, die Fahrgeschwindigkeiten hiervon und die Bewegungsrichtungen hiervon oder dergleichen ermittelt werden.

Die parallelen Plattenleiter 1, 3, die in der Erfindung verwendet werden, sind im Hinblick auf eine hohe spezifische elektrische Leitfähigkeit und eine hohe Verarbeitbarkeit Leiterplatten aus Cu, Al, Fe, SUS (rostfreier Stahl), Ag, Au, Pt oder dergleichen, wobei auf den Oberflächen der Leiterplatten Isolierplatten ausgebildet sein können.

Der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4 sind vorzugsweise aus einem Fluor-Harz, z. B. einem organischen Harzwerkstoff mit niedrigem Verlust wie etwa Teflon (Handelsname), einem organischen/anorganischen Verbundwerkstoff oder einem Keramikwerkstoff mit geringer absoluter Dielektrizitätskonstante wie etwa Cordierit, Aluminiumoxid oder Glaskeramik, die für Hochfrequenzsignale einen niedrigen Verlust besitzen, einfach zu verarbeiten sind und für eine Massenproduktion geeignet sind, hergestellt. Genauer sind die dielektrischen Streifen 2, 4 vorzugsweise aus einem Keramikwerkstoff hergestellt, wobei der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4 einteilig gegossen und gesintert werden können, so daß im Vergleich zu dem Fall der einzelnen Herstellung und der Verbindung der Streifen die Bearbeitbarkeit erhöht und die Streifen bereits fertiggestellt sind.

Anschließend können die Streifen in dem Fall, in dem der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4 aus einem Keramikwerkstoff hergestellt sind, beispielsweise durch Vorbereiten einer Gießform für die obenbeschriebene Konstruktion, durch Befüllen der Gießform mit Keramikpulver und durch Pressen für die Erzeugung eines gegossenen Elements und anschließend durch Sintern des Elements hergestellt werden. In einem weiteren Verfahren können die Streifen durch Bedrucken und Beschichten eines Schlamm enthaltenden Keramikpulvers für den obenbeschriebenen Aufbau, durch Trocknen und anschließend durch Sintern des Schlammes hergestellt werden. Andernfalls kann ein Verfahren verwendet werden, bei dem ein organisches Harz und ein ein Keramikpulver enthaltendes Bindemittel in eine Gießform gegossen werden, das Harz gehärtet wird und anschließend entnommen wird, um das Harz zu sintern. Außerdem können der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4 einzeln hergestellt und anschließend mittels Klebstoff zusammengeklebt werden.

Wenn der Werkstoff des ersten dielektrischen Streifens 2 und des zweiten dielektrischen Streifens 4 ein organischer Harzwerkstoff oder ein organisch/anorganischer Verbundwerkstoff ist, können die Streifen durch wohlbekannte Verfahren wie etwa ein Stempelverfahren, ein Druckgußverfahren oder ein Druckbeschichtungsverfahren hergestellt werden.

In den Fig. 4 und 5 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Fig. 4 zeigt einen NRD-Leiter S4, in dem ein Paar U-förmiger zweiter dielektrischer Streifen 5 so angeordnet ist, daß eine Eingangs/Ausgangsrichtung von Hochfrequenzsignalen umgeschaltet werden kann, während Fig. 5 einen NRD-Leiter S5 zeigt, bei dem zwei dielektrische Streifen 6a, 6b so angeordnet sind, daß die Hochfrequenzsignale in drei Anteile verzweigt werden können. In Fig. 5 können der Krümmungsradius  $r_a$  des zweiten dielektrischen Streifens 6a und der Krümmungsradius  $r_b$  des zweiten dielektrischen Streifens 6b gleich oder voneinander verschieden sein. Darüber hinaus können drei oder mehr zweite dielektrische Streifen 6a, 6b angeordnet sein.

In den obenbeschriebenen Ausführungsformen ist der Fall einer Verzweigung von Hochfrequenzsignalen gezeigt, der Eingangsanschluß für Hochfrequenzsignale kann jedoch umgekehrt werden, um Hochfrequenzsignale zu synthetisieren. Darüber hinaus kann die Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen gemäß der Erfindung nicht nur auf einen NRD-Leiter, sondern auf verschiedene Typen elektronischer Komponenten, elektronischer Schaltungen, optoelektronischer Schaltungen und dergleichen, die einen dielektrischen Streifen für die Übertragung von Hochfrequenzsignalen verwenden, angewendet werden.

Somit kann die erfindungsgemäße Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen aus einem ersten dielektrischen Streifen und aus einem zweiten dielektrischen Streifen, die einteilig ausgebildet sind und keine präzise Positionierung erfordern, hergestellt werden, so daß ihre Eignung für die Massenproduktion verbessert ist. Darüber hinaus erfordert der zweite dielektrische Streifen keinen nichtreflektierenden Abschluß, so daß die erfindungsgemäße Verbindungsstruktur einen flexiblen Entwurf ermöglicht und vorteilhaft verkleinert werden kann. Weiterhin kann die erfindungsgemäße Verbindungsstruktur in einem weiten Frequenzband verwendet werden, wobei die Ausgangspegel der verteilten Hochfrequenzsignale nahezu gleich sind und wobei ihre Anwendung auf Kommunikationsvorrichtungen wie etwa ein Zellentelephon erweitert wird.

Die Erfindung ist nicht auf die obenbeschriebenen Ausführungsformen eingeschränkt und kann innerhalb des Umfangs der Erfindung modifiziert werden.

Im folgenden wird ein Experiment bezüglich der erfindungsgemäßen Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen erläutert.



## Experiment

Der NRD-Leiter S und die Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen, wie sie in den Fig. 1 bis 3 gezeigt sind, wurden folgendermaßen konstruiert. Der erste geradlinige dielektrische Streifen 2 wurde aus Cordierit-Keramik mit einer Dielektrizitätskonstante von 4,8 und einem dielektrischen Verlust von  $2,7 \times 10^{-4}$  (bei einer Meßfrequenz von 77 GHz) und mit einem Querschnitt von  $1,0 \text{ mm} \times 2,25 \text{ mm}$  (Breite  $\times$  Höhe) hergestellt, ferner wurde der zweite dielektrische Streifen 4 mit dem ersten dielektrischen Streifen 2 an einer Zwischenposition verbunden, so daß er längs eines Bogens unter einem Winkel von  $90^\circ$  abzweigte; die beiden dielektrischen Streifen 2 und 4 wurden einteilig hergestellt. Der Krümmungsradius r einer Verbindung (Verzweigungsabschnitt) 4a des zweiten dielektrischen Streifens 4 betrug 12,7 mm und war größer als die Wellenlänge  $\lambda$  ( $\approx 5 \text{ mm}$ ) der Hochfrequenzsignale mit 60 GHz. In diesem Fall wurden der erste dielektrische Streifen 2 und der zweite dielektrische Streifen 4 durch Vorbereiten von Gießformen für die Streifen, Einfüllen von Cordierit-Keramikpulver in die Gießformen und Druckbeaufschlagung für die Herstellung von Formelementen einteilig hergestellt und anschließend gesintert.

Daraufhin wurden die oberen und unteren Oberflächen der einteiligen dielektrischen Streifen 2, 4 zwischen die beiden parallelen Plattenleiter 1, 3 eingefügt, die aus Kupfer (Cu) hergestellt waren und Abmessungen von  $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$  (Tiefe  $\times$  Breite  $\times$  Dicke) besaßen, wodurch der NRD-Leiter S erhalten wurde.

In diesem Experiment wurden die ersten und zweiten dielektrischen Streifen 2, 4 aus Keramik mit verhältnismäßig hoher Dielektrizitätskonstante hergestellt, so daß ein verhältnismäßig kleiner Krümmungsradius r möglich war. Daher kann der NRD-Leiter S als NRD-Modul verwendet werden und kann die Erfindung beispielsweise als Koppler für Radarmodule, eine Sende-/Empfangsvorrichtung und dergleichen verwendet werden.

Andererseits wurde als Vergleichsbeispiel ein aus dem in Fig. 19 gezeigten NRD-Leiter S3 gebildeter Koppler hergestellt. Die Werkstoffe und die Querschnittsformen der parallelen Plattenleiter 1, 3 und der dielektrischen Streifen 20, 21 waren die gleichen wie in dem obenerwähnten Beispiel, ferner wurde der Abstand L zwischen dem dielektrischen Streifen 20 und dem dielektrischen Streifen 21 so optimiert, daß Hochfrequenzsignale mit 60 GHz in zwei im wesentlichen gleiche Anteile unterteilt wurden.

In Fig. 16 ist für den NRD-Leiter S der Erfindung die Durchlaßeigenschaft für Millimeterwellen (in einem Band von einigen zehn bis zu einigen hundert GHz), die durch einen Netzanalysator gemessen wurden (hergestellt von Hewlett-Packard, Network Analyzer 8757C), gezeigt. Fig. 16 zeigt, daß der NRD-Leiter S der Erfindung die Hochfrequenzsignale in einem weiten Frequenzbereich von ungefähr 56–62 GHz mit im wesentlichen gleichen Ausgangspegeln an den Ausgangsanschluß 2b und an den Ausgangsanschluß 4c verteilte.

Bei Verwendung des NRD-Leiters S mit einteiliger Verzweigungsstruktur der Erfindung ist es in einer Anwendung auf die Frequenzmodulation FM, die in Radar- und Sende-/Empfangsvorrichtungen erforderlich ist, möglich, die ausgezeichnete Wirkung zu erzielen, daß von der Frequenz abhängende Änderungen der Signalstärke nicht auftreten. Daher kann erfindungsgemäß eine ausgezeichnete Eigenschaft für ein Modul erhalten werden.

Hingegen ergab die gleiche Messung für den durch den NRD-Leiter S3 gebildeten Koppler, der als Vergleichsbeispiel diente, wie in Fig. 20 gezeigt, daß die Ausgangspegel am Ausgangsanschluß 20b und am Ausgangsanschluß 21c nur in einem viel schmaleren Frequenzbereich von 60–60,5 GHz nahezu gleich waren.

Fig. 6 ist ein Blockschaltplan zur Erläuterung des Aufbaus eines Teils eines Radarsystems 101 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das Radarsystem 101 umfaßt ein Millimeterwellen-Radarmodul 102, das einen als Koppler arbeitenden NRD-Leiter S6 enthält.

Das Millimeterwellen-Radarmodul 102 nach Fig. 6 verwendet ein FMCW-System (Frequenzmodulation-Dauerstrichsystem), dessen Funktionsprinzipien die folgenden sind. Signale, deren Spannungsamplitude sich zeitlich ändert und die Dreieckswellen bilden, wie in Fig. 7 durch eine durchgezogene Linie 103 gezeigt ist, werden in einen MODIN-Anschluß für die Eingabe modulierter Signale des spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitts 21 eingegeben, wobei die Ausgangssignale frequenzmoduliert werden und die Ausgangsfrequenz des spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitts 21 wie in Fig. 7 auf der vertikalen Achse gezeigt verschoben sind. Wenn dann die Ausgangssignale (Hochfrequenz- oder HF-Wellen) von der jeweiligen Sende-/Empfangsantenne 24 wie durch einen Pfeil 105 gezeigt abgestrahlt werden, kehren reflektierte Wellen (Empfangswellen) 106, die in Fig. 7 durch eine Strichlinie 107 gezeigt sind, mit einer Zeitverzögerung eines Umlaufs mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der HF-Wellen zurück, wenn sich das Ziel 104 vor der Sende-/Empfangsantenne 24 befindet, wie in Fig. 6 gezeigt ist. Zu diesem Zeitpunkt wird an einen ZFAUS-Anschluß 108 auf der Ausgangsseite des Mischers 82 die Frequenzdifferenz  $F_b (= F_2 - F_1)$  zwischen der durchgezogenen Linie 103 und der Strichlinie 107 in Fig. 7 ausgegeben.

Durch eine Analyse der Frequenzkomponenten wie etwa der Ausgangsfrequenz des ZFAUS-Anschlusses 108 kann ein Abstand R durch den folgenden Ausdruck ermittelt werden:

$$F_b = \frac{4R \cdot f_m \cdot \Delta f}{c} \quad (1)$$

wobei

$F_b$  = ZF-Ausgangsfrequenz,

R = Abstand,

$f_m$  = Modulationsfrequenz,

$\Delta f$  = Frequenzverschiebungsbreite und

c = Lichtgeschwindigkeit.

In dem Millimeterwellenradar 101 des FMCW-Systems muß eine Richtungsauflösung für das Ziel 104 ungefähr 1 m betragen, wobei gemäß dem folgenden Ausdruck eine Frequenzänderungsbandbreite von 150 MHz erforderlich ist, um diese Auflösung zu erhalten:

$$r = \frac{c}{2 \cdot \Delta f}$$

(2)

5 wobei

$r$  = Abstandsauflösung,

$\Delta f$  = Frequenzverschiebungsbreite und

$c$  = Lichtgeschwindigkeit.

Fig. 8 ist eine Draufsicht, die die vereinfachte Konstruktion des Millimeterwellen-Radarmoduls 102, der mit Bezug auf die Fig. 6 und 7 beschrieben worden ist, zeigt.

Fig. 9 ist eine vereinfachte Draufsicht eines weiteren Millimeterwellen-Radarmoduls 102a, der anstelle der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsform verwendet werden kann. Die in Fig. 9 gezeigte Ausführungsform ist der Ausführungsform in Fig. 8 ähnlich, wobei gleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. Die in den Fig. 8 und 9 gezeigten Millimeterwellen-Radarmodule 102, 102a enthalten den spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt 21.

Fig. 10 ist eine perspektivische Ansicht, die die Gesamtkonstruktion eines beispielhaften spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitts 21 zeigt, während Fig. 11 eine perspektivische Ansicht einer Leiterplatte 38 ist, die der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt 21 enthält. Der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt 21 ist wie in Fig. 10 und 11 gezeigt konstruiert. In diesen Figuren bezeichnet das Bezugszeichen 32 ein metallisches Element wie etwa einen Metallblock für die Anbringung einer Gunn-Diode, bezeichnet das Bezugszeichen 33 eine Gunn-Diode, die eine Art Hochfrequenzdiode ist, die Millimeterwellen erzeugt, bezeichnet das Bezugszeichen 34 eine Leiterplatte, die auf einer seitlichen Oberfläche des Metallelements 32 angebracht ist und mit einem drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifen 34a versehen ist, der eine Vorspannung an die Gunn-Diode 33 liefert und als Tiefpaßfilter arbeitet, das verhindert, daß Hochfrequenzsignale austreten, bezeichnet das Bezugszeichen 35 einen bandförmigen Leiter wie etwa ein Metallfolien-Band, das den drosselartigen Vorspannungsversorgungsstreifen 34a mit dem oberen Leiter der Gunn-Diode 33 verbindet, bezeichnet das Bezugszeichen 36 einen Metallstreifen-Resonator, der durch Anordnen eines Resonanz-Metallstreifens 36a an einer dielektrischen Basis hergestellt ist, und bezeichnen die Bezugszeichen 37a, 37b einen dielektrischen Streifen, der Hochfrequenzsignale mit einer Frequenz von beispielsweise 70 GHz, die in dem Metallstreifen-Resonator 36 in Resonanz treten, zur äußeren Umgebung des spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitts 21 leiten.

Weiterhin ist an einem Zwischenpunkt der dielektrischen Streifen 37a, 37b eine Leiterplatte 38 angebracht, die mit einer Reaktanzdiode 30 versehen ist, die eine Frequenzmodulationsdiode sowie eine Art Diode mit variabler Kapazität ist. Die Richtung, in der die Vorspannung der Reaktanzdiode 30 angelegt wird, wird als Richtung 72 (Richtung des elektrischen Feldes) gewählt, die zur Ausbreitungsrichtung 71 der Hochfrequenzsignale in den dielektrischen Streifen 37a, 37b senkrecht und zu den Hauptoberflächen der parallelen Plattenleiter parallel ist. Außerdem stimmt die Richtung, in der die Vorspannung der Reaktanzdiode 30 angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale der LSM<sub>01</sub>-Mode, die sich durch die dielektrischen Streifen 37a, 37b ausbreiten, überein. Daher ist es durch elektromagnetisches Koppeln der Hochfrequenzsignale und der Reaktanzdiode 30 und durch Steuern der Vorspannung möglich, die Frequenz der Hochfrequenzsignale zu steuern. Weiterhin bezeichnet das Bezugszeichen 39 eine dielektrische Platte mit hoher Dielektrizitätskonstante für die Anpassung der Impedanz der Reaktanzdiode 30 an diejenige des dielektrischen Streifens 37b.

Wie in Fig. 11 gezeigt ist, ist auf einer Hauptoberfläche der Leiterplatte 38 ein zweiter drosselähnlicher Vorspannungsversorgungsstreifen 40 ausgebildet, während die Reaktanzdiode 30 des Trägerleitungstyps an einem Zwischenpunkt des zweiten drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifens 40 angebracht ist. An einer Verbindung des zweiten drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifens 40 mit der Reaktanzdiode 30 ist eine Verbindungselektrode 31 ausgebildet.

Hochfrequenzsignale, die durch die Gunn-Diode 33 erzeugt werden, werden durch den Metallstreifen-Resonator 36 zum dielektrischen Streifen 37a geleitet. Anschließend wird ein Teil der Hochfrequenzsignale durch die Reaktanzdiode 30 reflektiert und zur Gunn-Diode 33 zurückgeleitet. Die reflektierten Signale ändern sich entsprechend der Änderung der Kapazität der Reaktanzdiode 30, so daß sich die Oszillationsfrequenz ändert.

Die Reaktanzdiode 30 kann, statt zwischen die ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b eingefügt zu werden, mit dem Übertragungsweg der Hochfrequenzsignale räumlich elektromagnetisch gekoppelt werden oder kann im Übertragungsweg der Hochfrequenzsignale angeordnet sein. Beispielsweise ist die Reaktanzdiode 30 wie in Fig. 11 gezeigt nahe an einem Metallstreifen 36a angeordnet, in dem eine Resonanz der Hochfrequenzsignale auftritt, wenn die Richtung, in der die Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt. Alternativ kann die Reaktanzdiode 30 direkt in der Nähe der Gunn-Diode 33 angeordnet sein, wenn die Richtung, in der die Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, oder kann in dem drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifen 34a der Gunn-Diode 33 angeordnet sein.

Das Material des drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifens 34a und des bandförmigen Leiters 35 des spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitts 21, der in den Fig. 10 und 11 gezeigt ist, ist aus der Gruppe gewählt, die Cu, Al, Au, Ag, W, Ti, Ni, Cr, Pd, Pt oder dergleichen enthält, wobei Cu und Ag besonders bevorzugt werden, weil sie eine bevorzugte spezifische elektrische Leitfähigkeit, niedrige Verluste und eine hohe Oszillationsleistung besitzen.

Der bandförmige Leiter 35 ist mit dem Metallelement 32 elektromagnetisch gekoppelt, um einen spezifischen Abstand von der Oberfläche des Metallelements einzuhalten, und zwischen dem drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifen 34a und der Gunn-Diodenvorrichtung 33 überbrückt. Das heißt, daß ein Ende des bandförmigen Leiters 35 mit einem Ende des drosselähnlichen Vorspannungsversorgungsstreifens 34a verlötet ist und das andere Ende des bandförmigen Leiters 35 mit dem oberen Leiter der Gunn-Diodenvorrichtung 33 verlötet ist, wobei der bandförmige Leiter 35 mit Ausnahme der Verbindungen in der Mitte aufgehängt ist.

Da das Metallelement 32 für die Gunn-Diodenvorrichtung 33 außerdem die Masse bildet, muß es lediglich ein metallischer Leiter sein, bei dem hinsichtlich seines Materials keinerlei Beschränkung besteht, solange das Metallelement ein

Leiter aus Metall (einschließlich einer Legierung) ist. Daher ist das Metallelement aus Messing (Cu-Zn-Legierung), Al, Cu, SUS (rostfreier Stahl) Ag, Au, Pt oder dergleichen hergestellt. Ferner kann das Metallelement 32 (a) ein vollständig aus Metall hergestellter Metallblock; (b) eine Isolationsbasis wie etwa Keramik oder Kunststoff, wovon die Oberfläche vollständig oder teilweise metallplattiert ist; oder (c) eine Isolationsbasis, wovon die Oberfläche vollständig oder teilweise mit einem leitenden Harzwerkstoff oder dergleichen beschichtet ist, sein.

Außerdem ist das Material der dielektrischen Streifen 37a, 37b vorzugsweise ein Sinter, dessen Hauptbestandteil ein Mg-Al-Si-Verbundoxid wie etwa Cordierit ( $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ )-Keramik oder Aluminiumoxid-Keramik ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Keramik), Glaskeramik oder dergleichen ist. Diese Materialien zeigen in einem Hochfrequenzband niedrige Verluste. Genauer kann mit einem Sinter, dessen Hauptbestandteil ein Mg-Al-Si-Verbundoxid ist, ein dielektrischer Streifen erzeugt werden, der in einem Hochfrequenzband niedrige Verluste zeigt.

In der Erfindung ist der dielektrische Streifen vorzugsweise aus einem Sinter hergestellt, dessen Hauptbestandteil ein Mg-Al-Si-Verbundoxid, genauer Cordierit-Keramik oder dergleichen, ist. Vorzugsweise beträgt die Dielektrizitätskonstante des obengenannten Sinters ungefähr 4,5 bis 8. Der Grund für die Einschränkung der Dielektrizitätskonstante auf diesen Bereich ist, daß in dem Fall, in dem die Dielektrizitätskonstante geringer als 4,5 ist, die elektromagnetischen Wellen der LSM-Mode in einer Ausbreitungsmoden in einem hohen Anteil in die LSB-Mode umgesetzt werden. Wenn andererseits die Dielektrizitätskonstante größer als 8 ist, muß die Breite des dielektrischen Streifens erheblich verschmälert werden, um eine Frequenz von 50 GHz oder mehr zu verwenden, so daß die Bearbeitung des Streifens erschwert wird, die Formgenauigkeit verschlechtert wird und hinsichtlich der Festigkeit ein Problem entsteht.

Weiterhin wird als Material für den dielektrischen Streifen vorzugsweise eine Keramik verwendet, deren Hauptbestandteil ein Mg-Al-Si-Verbundoxid mit einem Q-Wert von wenigstens 1000 bei einer verwendeten Frequenz im Bereich von 50 bis 90 GHz ist. Dieses Material besitzt als dielektrischer Streifen, der in einem dem Millimeterwellenband entsprechenden Frequenzbereich von 50 bis 90 GHz verwendet wird, die Eigenschaft eines ausreichend niedrigen Verlusts.

Vorzugsweise erfüllen die Zusammensetzung und das Zusammensetzungsverhältnis des dielektrischen Streifens die folgende Molverhältnis-Forderung:  $x\text{MgO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$ , wobei  $x = 10\text{--}40$  Mol-%,  $y = 10\text{--}40$  Mol-%,  $z = 20\text{--}80$  Mol-% und  $x + y + z = 100$  Mol-%.

Der Grund für die Beschränkung des Zusammensetzungsverhältnisses des Hauptbestandteils der Keramik (dielektrischer Porzellanverbundstoff), die ein Material für den dielektrischen Streifen der Erfindung bildet, auf den obengenannten Bereich ist der folgende. Der Faktor x, der den Mol-Prozentsatz von MgO angibt, ist auf 10–40 Mol-% eingeschränkt, da ein bevorzugter Sinter im Fall von weniger als 10 Mol-% nicht erhalten werden kann, während die Dielektrizitätskonstante bei mehr als 40 Mol-% zu stark ansteigt. Genauer liegt der Faktor x vorzugsweise zwischen 15 und 35 Mol-%, damit der Q-Wert für 60 GHz wenigstens 2000 beträgt.

Der Faktor y, der den Mol-Prozentsatz von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  angibt, ist auf 10–40 Mol-% eingeschränkt, da ein bevorzugter Sinter nicht erhalten werden kann, wenn der Betrag y von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  geringer als 10 Mol-% ist, während die Dielektrizitätskonstante bei mehr als 40 Mol-% übermäßig ansteigt. Der Faktor y, der die Menge von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  angibt, liegt vorzugsweise zwischen 17 und 35 Mol-%, damit der Q-Wert bei 60 GHz wenigstens 2000 beträgt.

Der Faktor z, der den Mol-Prozentsatz von  $\text{SiO}_2$  angibt, ist auf 20–80 Mol-% eingeschränkt, da die Dielektrizitätskonstante bei einem Faktor z von weniger als 20 Mol-% übermäßig ansteigt, während ein bevorzugter Sinter nicht erhalten werden kann und der Q-Wert absinkt, wenn z mehr als 80 Mol-% beträgt. Der Faktor z, der die Menge von  $\text{SiO}_2$  angibt, liegt vorzugsweise zwischen 30–65 Mol-%, damit der Q-Wert bei 60 GHz wenigstens 2000 beträgt.

Die Faktoren x, y, z, die die Mol-Prozentsätze von MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bzw.  $\text{SiO}_2$  angeben, können in einem Analyseverfahren wie etwa einem EPMA-Verfahren (Elektronensonden-Mikroanalyse-Verfahren) oder einem XRD-Verfahren (Röntgenbeugungsverfahren) spezifiziert werden.

Was ferner die Keramik (dielektrischer Porzellanverbundstoff) für den dielektrischen Streifen der Erfindung betrifft, ist die Hauptkristallphase hiervon Cordierit ( $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ). Als weitere Kristallphasen werden oftmals Mullit ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), Spinell ( $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ), Proto-Enstatit (eine Art Steatit, dessen Hauptbestandteil Magnesiummetasilikat ( $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ) ist), Crino-Enstatit (eine Art Steatit, dessen Hauptbestandteil Magnesium-Metasilikat ( $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ) ist), Forsterit ( $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ), Cristohalit (eine Art Silikat ( $\text{SiO}_2$ )), Tridymit (eine Art Silikat ( $\text{SiO}_2$ )), Saphirin (eine Art Silikat aus Mg, Al) und dergleichen abgelagert. Die Ablagerungsphase ist in Abhängigkeit von der Zusammensetzung unterschiedlich. Der dielektrische Porzellanverbundstoff der Erfindung kann lediglich eine Kristallphase aus Cordierit besitzen.

Der dielektrische Porzellanverbundstoff für den dielektrischen Streifen der Erfindung wird folgendermaßen hergestellt. Als Pulver-Ausgangsmaterial werden beispielsweise  $\text{MgCO}_3$ -Pulver,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pulver und  $\text{SiO}_2$ -Pulver verwendet. Diese Pulver werden in spezifischen Anteilen dosiert und naßgemischt und anschließend getrocknet. Das Gemisch wird bei 1100 bis 1300°C in Luft vorgesintert und zu Pulver zerkleinert. Das erhaltene Pulver, zu dem eine geeignete Menge eines Harzbindemittels hinzugefügt wird, wird geformt, anschließend wird das geformte Element bei 1300 bis 1450°C in Luft gesintert, wodurch der dielektrische Porzellanverbundstoff erhalten werden kann.

Die in den Ausgangsmaterial-Pulvern enthaltenen Elemente Mg, Al und Si können in einer anorganischen Verbindung wie etwa einem Oxid, einem Carbonat oder einem Acetat oder in einer organischen Verbindung wie etwa in einem organischen Metall vorliegen. Sie können in jeglicher Form vorliegen, die durch Sintern oxidiert werden kann.

Der Hauptbestandteil des dielektrischen Porzellanverbundstoffs der Erfindung ist ein Mg-Al-Si-Verbundstoffoxid, wobei Verunreinigungen von zerkleinerten Kugeln oder zerkleinertem Pulver eines Ausgangsmaterials, das von den oben erwähnten Elementen verschieden ist, innerhalb eines Bereichs eingemischt werden können, in dem die Eigenschaft, daß der Q-Wert bei 50 bis 90 GHz wenigstens 1000 beträgt, nicht beeinträchtigt wird. Ferner können andere Bestandteile enthalten sein, um den Sinterungstemperaturbereich zu steuern und um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Solche Bestandteile sind beispielsweise Seltenerdelement-Verbindungen, Oxide wie etwa Ba, Sr, Ca, Ni, Co, In, Ga oder Ti oder Nichtoxide wie etwa Nitride, beispielsweise Siliciumnitrid. Es können entweder ein einziger Bestandteil oder mehrere Bestandteile enthalten sein.

Wie wiederum in Fig. 8 gezeigt ist, enthält ein Millimeterwellen-Radarmodul 102 eine Hochfrequenzdiode 33, erste

dielektrische Streifen 37a, 37b, einen spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt 21, einen zweiten dielektrischen Streifen 75, einen Zirkulator 76, einen dritten dielektrischen Streifen 77, einen vierten dielektrischen Streifen 81, einen Mischer 82 und ein Paar Leiterplatten 84, 85.

Die Hochfrequenzdiode 33 gibt Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband aus. Ein Ende des ersten dielektrischen Streifens 37a (37b) ist mit der Hochfrequenzdiode 33 verbunden, wobei sich in den ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b Hochfrequenzsignale ausbreiten, die von der Hochfrequenzdiode 33 ausgegeben werden. Eine Diode 30 mit variabler Kapazität ist an einem Zwischenpunkt in Senderichtung 71 der ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b eingefügt und gibt Sende-Millimeterwellensignale aus, die die Hochfrequenzsignale sind, die durch Modulationswellen frequenzmoduliert sind, welche durch periodisches Steuern der Vorspannung der Diode 30 mit variabler Kapazität erhalten werden, welche so angeordnet ist, daß die Richtung 72, in der die Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt. Der zweite dielektrische Streifen 75 ist längs eines Bogens mit einem Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt 37b1 des ersten dielektrischen Streifens 37b in der Senderichtung 71 der Sende-Millimeterwellensignale der ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b hinter der Diode 30 mit variabler Kapazität verbunden. Hierbei kann der geradlinige Abschnitt 37b1 die Form eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$  haben, während der zweite dielektrische Streifen 75 mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden sein kann. Der Zirkulator 76 besitzt ein Eingangs-ende 78, ein Eingangs-/Ausgangs-ende 79 und ein Ausgangs-ende 80 und ist mit seinem Eingangs-ende 78 mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens 37b verbunden. Der Zirkulator 76 gibt Sende-Millimeterwellensignale, die in das Eingangs-ende 78 eingegeben werden, an das Eingangs-/Ausgangs-ende 79 aus und gibt Empfangssignale, die in das Eingangs-/Ausgangs-ende 79 eingegeben werden, an das Ausgangs-ende 80 aus. Der dritte dielektrische Streifen 77 ist mit dem Eingangs-/Ausgangs-ende 79 des Zirkulators 76 verbunden. Ein Ende des vierten dielektrischen Streifens 81 ist mit dem Ausgangs-ende 80 des Zirkulators 76 verbunden. Der Mischer 82 verbindet den zweiten dielektrischen Streifen 75 und den vierten dielektrischen Streifen 81, um aus jeweiligen Signalen, die an die zweiten und vierten dielektrischen Streifen 75 bzw. 81 übertragen werden, Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen. Zwei Leiterplatten 84, 85 sind in einem Abstand, der höchstens gleich der halben Wellenlänge  $\lambda$  der Millimeterwellensignale ist, parallel zueinander angeordnet, wobei in dem Zwischenraum die Hochfrequenzdiode 33, die ersten bis vierten dielektrischen Streifen 37a, 37b, 75, 77 und 81, der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt 21, der Zirkulator 76 und der Mischer 82 angeordnet sind. In diesem Millimeterwellen-Radar-Modul 102 von Fig. 8 besitzt der Mischer 82 eine Konstruktion, derart, daß ein bogenförmiger Abschnitt 87 an einem Zwischenpunkt in Senderichtung 86 des zweiten dielektrischen Streifens 75 mit einem geradlinigen Abschnitt 89 an einem Zwischenpunkt in Senderichtung 81 des vierten dielektrischen Streifens 81 elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei sich die beiden Zwischenpunkte sehr nahe nebeneinander befinden. Bei diesem Aufbau kann der geradlinige Abschnitt 89 alternativ bogenförmig ausgebildet sein. Ferner kann der bogenförmige Abschnitt 87 alternativ geradlinig ausgebildet sein und kann der geradlinige Abschnitt 89 alternativ hogenförmig ausgebildet sein.

Obwohl das in Fig. 9 gezeigte Millimeterwellen-Radar-Modul 102a dem in Fig. 8 gezeigten Millimeterwellen-Radar-Modul 102 ähnlich ist, besitzt in dem in Fig. 9 gezeigten Millimeterwellen-Radar-Modul 102a insbesondere der Mischer einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen 75 längs eines bogenförmigen Abschnitts 92 mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt 91 des vierten dielektrischen Streifens 81 tangential verbunden ist. Bei diesem Aufbau kann der geradlinige Abschnitt 91 alternativ bogenförmig mit einem Krümmungsradius  $r$  ausgebildet sein, während der zweite dielektrische Streifen 75 alternativ mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden sein kann.

Fig. 12 ist ein Blockschaltplan zur Erläuterung des Gesamtaufbaus eines Millimeterwellenradars gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform ist der obenbeschriebenen Ausführungsform ähnlich, wobei entsprechende Abschnitte mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. Dieses Millimeterwellenradar umfaßt ein Millimeterwellen-Radar-Modul 102b.

Fig. 13 ist eine vereinfachte Draufsicht einer spezifischen Konstruktion des Millimeterwellen-Radar-Moduls 102b von Fig. 12. Dieses Millimeterwellen-Radar-Modul 102b enthält den oben mit Bezug auf die Fig. 10 und 11 erwähnten spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt 21. Dieses Millimeterwellen-Radar-Modul 102b enthält eine Hochfrequenzdiode 33, erste dielektrische Streifen 37a, 37b, einen spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt 21, einen zweiten dielektrischen Streifen 75, einen Zirkulator 76, einen dritten dielektrischen Streifen 77, einen Abschluß 112, einen vierten dielektrischen Streifen 114, einen Mischer 82 sowie ein Paar Leiterplatten 84, 85. In Fig. 13 bezeichnet das Bezugszeichen 113 einen fünften dielektrischen Streifen, der an einem Ende gegenüber dem Ausgangs-ende 80 den Abschluß 112 aufweist.

Die Hochfrequenzdiode 33 gibt Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband aus. Ein Ende des ersten dielektrischen Streifens 37b (37a) ist mit der Hochfrequenzdiode 33 verbunden, wobei sich in den ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b Hochfrequenzsignale ausbreiten, die von der Hochfrequenzdiode 33 ausgegeben werden. An einem Zwischenpunkt in Senderichtung 71 der ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b ist eine Diode 30 mit variabler Kapazität eingefügt, die Sende-Millimeterwellensignale ausgibt, die Hochfrequenzsignale sind, die durch Modulationswellen frequenzmoduliert sind, welche durch periodisches Steuern der Vorspannung der Diode 30 mit variabler Kapazität erhalten werden, die so angeordnet ist, daß die Richtung 72, in der die Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt. Der zweite dielektrische Streifen 75 ist längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt 37b1 des ersten dielektrischen Streifens 37b in Senderichtung 71 der Sende-Millimeterwellensignale der ersten dielektrischen Streifen 37a, 37b hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt 21 verbunden. Alternativ kann der geradlinige Abschnitt 37b1 bogenförmig mit Krümmungsradius  $r$  sein, während der zweite dielektrische Streifen 75 mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden sein kann. Der Zirkulator 76 besitzt ein Eingangs-ende 78, ein Eingangs-/Ausgangs-ende 79 und ein Ausgangs-ende 80 und ist mit seinem Eingangs-ende 78 mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens 37b verbunden. Der Zirkulator 76 gibt Sende-Millimeterwellensignale, die in sein Eingangs-ende 78 eingegeben werden, an sein Eingangs-/Ausgangs-ende 79 aus und gibt Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Ausgangs-ende 79 eingegeben werden, an sein Ausgangs-ende 80 aus. Der dritte dielektrische Streifen 77 ist mit

dem Eingangs-/Ausgangsende 79 des Zirkulators 76 verbunden. Der Abschluß 112 ist mit dem Ausgangsende 80 des Zirkulators 76 verbunden. Der vierte dielektrische Streifen 114 leitet die empfangenen Millimeterwellensignale. Der Mischer 82 verbindet den zweiten dielektrischen Streifen 75 mit dem vierten dielektrischen Streifen 114 und erzeugt aus Signalen, die an den zweiten bzw. den vierten dielektrischen Streifen 75 bzw. 114 übertragen werden, Zwischenfrequenzsignale. Zwei Leiterplatten 84, 85 sind mit einem Abstand, der höchstens gleich der halben Wellenlänge  $\lambda$  der Millimeterwellensignale ist, parallel zueinander angeordnet, wobei in dem Zwischenraum zwischen den Leiterplatten 84, 85 die Hochfrequenzdiode 33, die ersten bis vierten dielektrischen Streifen 37a, 37b, 75, 77, 114, der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt 21, der Zirkulator 76 und der Mischer 82 angeordnet sind.

Mit dem dritten dielektrischen Streifen 77 ist eine Sendeantenne 121 verbunden, die Millimeterwellen 105 zum Ziel 104 sendet. Die vom Ziel 104 reflektierten Wellen 106 werden von einer Empfangsantenne 122 empfangen. Ausgangssignale der Empfangsantenne 122 werden an den vierten dielektrischen Streifen 114 geliefert. Das Millimeterwellen-Radarmodul 102b kann die Sendeantenne 121 und die Empfangsantenne 122 enthalten.

Zwischenfrequenzsignale vom Mischer 82 werden über den vierten dielektrischen Streifen 114 an einen Verstärker 124 geliefert, um verstärkt zu werden, und anschließend an eine Frequenzmeßschaltung 125 geliefert, um die Frequenz  $f_b$  zu messen. Der übrige Aufbau und die übrigen Funktionen stimmen mit jenen der vorhergehenden Ausführungsform überein.

In dem Millimeterwellen-Radarmodul 102b nach Fig. 13 besitzt der Mischer 82 einen Aufbau, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt 115 an einem Zwischenpunkt in Senderichtung 86 des zweiten dielektrischen Streifens 75 mit einem geradlinigen Abschnitt 116 an einem Zwischenpunkt in Senderichtung 88 des vierten dielektrischen Streifens 114 elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die beiden Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.

Bei diesem Aufbau kann der geradlinige Abschnitt 116 alternativ bogenförmig sein. Ferner kann alternativ der bogenförmige Abschnitt 115 geradlinig sein und kann der geradlinige Abschnitt 116 bogenförmig sein.

Fig. 14 ist eine vereinfachte Draufsicht eines Millimeterwellen-Radarmoduls 102c gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Obwohl das Millimeterwellen-Radarmodul 102c nach Fig. 14 dem Millimeterwellen-Radarmodul 102b nach Fig. 13 ähnlich ist, besitzt in dem in Fig. 14 gezeigten Millimeterwellen-Radarmodul 102c der Mischer 82 insbesondere einen Aufbau, bei dem der zweite dielektrische Streifen 75 längs eines bogenförmigen Abschnitts 119 mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der empfangenen Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt 118 des vierten dielektrischen Streifens 114 tangential verbunden ist.

Bei diesem Aufbau kann der geradlinige Abschnitt 118 alternativ bogenförmig mit Krümmungsradius  $r$  sein, während der zweite dielektrische Streifen 75 alternativ mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden sein kann.

Der nichtreflektierende Abschluß 112, der an einem Ende des fünften dielektrischen Streifens 113 wie in den Fig. 13 und 14 gezeigt angeordnet ist, hat die folgende Struktur. Wie in Fig. 15 gezeigt ist, ist der fünfte dielektrische Streifen 113 in einer zu den parallelen Plattenleitern parallelen Richtung (horizontale Richtung) in zwei im wesentlichen gleiche Abschnitte unterteilt. Auf eine unterteilte Oberfläche eines Endes des fünften dielektrischen Streifens 113 ist ein NiCr-Widerstandsfilm 112a oder ein Beschichtungsfilm aus einem leitenden Harz, der leitende Partikel wie etwa Kohlenstoff enthält, aufgebracht. Zusätzlich kann der NiCr-Widerstandsfilm 112a oder der Film aus der leitenden Beschichtung auch auf den Seiten- und Stirnflächen des Abschlusses 112 ausgebildet sein.

Die Erfindung kann in anderen spezifischen Ausführungsformen ausgeführt werden, ohne vom Erfindungsgedanken oder von wesentlichen Eigenschaften der Erfindung abzuweichen. Die beschriebenen Ausführungsformen sind daher in jeder Hinsicht lediglich als erläuternd und nicht als beschränkend anzusehen, wobei der Umfang der Erfindung eher durch die beigefügten Ansprüche als durch die vorhergehende Beschreibung angegeben wird und wobei sämtliche Änderungen, die innerhalb des Bedeutungsgehaltes und des Äquivalenzbereichs der Ansprüche liegen, von der Erfindung abgedeckt sein sollen.

#### Patentansprüche

1. Verbindungsstruktur für dielektrische Streifen, mit einem ersten geradlinigen dielektrischen Streifen (2), in dem sich Hochfrequenzsignale ausbreiten, und einem zweiten dielektrischen Streifen (4), der an einem Zwischenpunkt des ersten dielektrischen Streifens (2) mit diesem verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verbindungsstelle (4a) zwischen dem zweiten dielektrischen Streifen (4) und dem ersten dielektrischen Streifen (2) längs eines Bogens ausgebildet ist und der Krümmungsradius ( $r$ ) wenigstens gleich der Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Hochfrequenzsignale ist.
2. Nichtstrahlender dielektrischer Wellenleiter, gekennzeichnet durch die Verbindungsstruktur (S) für dielektrische Streifen nach Anspruch 1, die zwischen parallelen Plattenleitern (1, 3) angeordnet sind, die um eine Strecke beabstandet sind, die höchstens gleich  $\lambda/2$  ist, wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der Hochfrequenzsignale ist.
3. Wellenleiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Krümmungsradius ( $r$ ) der Verbindungsstelle (4a) zwischen dem zweiten dielektrischen Streifen (4) und dem ersten dielektrischen Streifen (2) im Bereich von  $\lambda$  bis  $3\lambda$  liegt.
4. Wellenleiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite dielektrische Streifen (4) dann, wenn er längs eines Bogens von der Verbindungsstelle (4a) zum ersten dielektrischen Streifen (2) verlängert ist, so ausgebildet ist, daß die Tangente des verlängerten Abschnitts (4c) eine Seitenwand (74) des ersten dielektrischen Streifens (2) berührt.
5. Wellenleiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Hochfrequenzsignale wenigstens gleich 50 GHz ist.
6. Wellenleiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die parallelen Plattenleiter (1, 3) aus Cu, Al, Fe, Ag, Au, Pt oder rostfreiem Stahl hergestellt sind.

7. Wellenleiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste dielektrische Streifen (2) und der zweite dielektrische Streifen (4) aus einem organischen Harzmaterial, einem organisch/anorganischen Verbundwerkstoff oder aus Keramik hergestellt sind.

8. Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung, gekennzeichnet durch

- 5 (a) einen spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21), der umfaßt:  
eine Hochfrequenzdiode (33) zum Ausgeben von Hochfrequenzsignalen im Millimeterwellenband und  
eine Diode (30) mit variabler Kapazität, die so angeordnet ist, daß die Richtung (72), in der eine Vorspannung  
angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die die  
10 Hochfrequenzsignale als frequenzmodulierte Sende-Millimeterwellensignale ausgibt, wobei die Frequenzmo-  
dulation durch periodisches Steuern einer Vorspannung erfolgt,  
wobei der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt (21) an einem Ende eines ersten dielektrischen Streifens  
(37b; 37a) installiert ist,
- (b) einen zweiten dielektrischen Streifen (75), der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens  
gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt (37b1) des  
15 ersten dielektrischen Streifens (37b) an einem Punkt verbunden ist, der sich in Senderichtung (71) der Sende-  
Millimeterwellensignale des ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) hinter dem spannungsgesteuerten Oszil-  
lationsabschnitt (21) befindet;
- (c) einen Zirkulator (76), der ein Eingangsende (78), ein Eingangs-/Ausgangsende (79) und ein Ausgangsende  
(80) besitzt und mit seinem Eingangsende (78) mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens (37b)  
20 verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende (79) Sende-Millimeterwellensignale ausgibt, die in sein Ein-  
gangsende (78) eingegeben werden, und an sein Ausgangsende (80) Empfangssignale ausgibt, die in sein Ein-  
gangs-/Ausgangsende (79) eingegeben werden;
- (d) einen dritten dielektrischen Streifen (77), wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende (79) des Zir-  
kulators (76) verbunden ist, wobei am anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne (24) angeordnet ist;
- 25 (e) einen vierten dielektrischen Streifen (81), wovon ein Ende mit dem Ausgangsende (80) des Zirkulators  
(76) verbunden ist;
- (f) einen Mischer (82), der den zweiten dielektrischen Streifen (75) und den vierten dielektrischen Streifen  
(81) verbindet, um Signale, die an die zweiten bzw. vierten dielektrischen Streifen (75, 81) übertragen werden,  
zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- 30 (g) ein Paar Leiterplatten (84, 85) die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens  
gleich der halben Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Millimeterwellensignale ist, wobei in dem Zwischenraum die ersten bis  
vierten dielektrischen Streifen (37a, 37b, 75, 77, 81), der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt (21), der  
Zirkulator (76) und der Mischer (82) angeordnet sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (37b1) des ersten dielektrischen Strei-  
fens (37b) hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21) mit Krümmungsradius ( $r$ ) gekrümmt ist und  
35 der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt (37b1) geradlinig verbunden ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem ein  
bogenförmiger Abschnitt (87) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (86) des zweiten dielektrischen Streifens  
(75) mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt (89) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (88) des  
40 vierten dielektrischen Streifens (81) elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die beiden Zwischenpunkte nahe bei-  
einander liegen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der  
zweite dielektrische Streifen (75) längs eines bogenförmigen Abschnitts (92) mit Krümmungsradius  $r$  mit einem ge-  
radlinigen Abschnitt (91) des vierten dielektrischen Streifens (81) verbunden ist.
- 45 12. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der  
zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt (91) des vierten dielektrischen Streifens (81),  
der einen Krümmungsradius  $r$  besitzt, so verbunden ist, daß sich ein geradliniger Abschnitt (92) ergibt.
13. Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung, gekennzeichnet durch
  - (a) eine Hochfrequenzdiode (33), die Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband ausgibt;
  - 50 (b) einen ersten dielektrischen Streifen (37b; 37a), wovon ein Ende mit der Hochfrequenzdiode (33) verbun-  
den ist, damit sich von der Hochfrequenzdiode (33) ausgegebene Hochfrequenzsignale in ihm ausbreiten;
  - (c) eine Impulsmodulationsdiode, die zwischen den ersten dielektrischen Streifen (37b; 37a) eingefügt oder  
längs des ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) installiert ist, so daß die Richtung (72), in der eine Vorspan-  
nung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die  
55 die Sende-Millimeterwellensignale, die impulsmodulierte Signale der Hochfrequenzsignale sind, die durch  
Einschalten/Ausschalten einer Vorspannung moduliert werden, ausgibt;
  - (d) einen zweiten dielektrischen Streifen (75), der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens  
gleich der Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt (37b1)  
des ersten dielektrischen Streifens (37b) in Senderichtung (71) der Sende-Millimeterwellensignale hinter der  
60 Impulsmodulationsdiode des ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) verbunden ist;
  - (e) einen Zirkulator (76), der ein Eingangsende (78), ein Eingangs-/Ausgangsende (79) und ein Ausgangsende  
(80) besitzt, mit seinem Eingangsende (78) mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens (37b)  
verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende (79) Sende-Millimeterwellensignale, die in sein Eingangsende  
(78) eingegeben werden, ausgibt und an sein Ausgangsende (80) Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Aus-  
gangsende (79) eingegeben werden, ausgibt;
  - 65 (f) einen dritten dielektrischen Streifen (77), wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende (79) des Zir-  
kulators (76) verbunden ist, wobei an seinem anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne (24) angeordnet ist;
  - (g) einen vierten dielektrischen Streifen (81), wovon ein Ende mit dem Ausgangsende (80) des Zirkulators



- (76) verbunden ist;
- (h) einen Mischer (82), der den zweiten dielektrischen Streifen (75) mit dem vierten dielektrischen Streifen (81) verbindet, um Signale, die an den zweiten bzw. den vierten dielektrischen Streifen (75, 81) übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- (i) ein Paar Leiterplatten (84, 85), die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Millimeterwellensignale ist, wobei in dem Zwischenraum die ersten bis vierten dielektrischen Streifen (37a, 37b, 75, 77, 81), die Impulsmodulationsdiode, der Zirkulator (76) und der Mischer (82) angeordnet sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (37b1) des ersten dielektrischen Streifens (37b), der an einem Punkt hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21) angeordnet ist, mit einem Krümmungsradius  $r$  gekrümmt ist und der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt (87) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (86) des zweiten dielektrischen Streifens (75) mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt (89) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (88) des vierten dielektrischen Streifens (81) elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die beiden Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.
16. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der zweite dielektrische Streifen (75) längs eines bogenförmigen Abschnitts (92) mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt (91) des vierten dielektrischen Streifens (81) verbunden ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt (91) des vierten dielektrischen Streifens (81), der einen Krümmungsradius  $r$  besitzt, so verbunden ist, daß sich ein geradliniger Abschnitt (92) ergibt.
18. Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung, gekennzeichnet durch
- (a) einen spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21), der umfaßt:
- eine Hochfrequenzdiode (33), die Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband ausgibt, und eine Diode (30) mit variabler Kapazität, die so angeordnet ist, daß die Richtung (72), in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die die Hochfrequenzsignale als frequenzmodulierte Sende-Millimeterwellensignale ausgibt, wobei die Modulation durch periodisches Steuern einer Vorspannung erfolgt,
- wobei der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt (21) an einem Ende eines ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) installiert ist;
- (b) einen zweiten dielektrischen Streifen (75), der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge  $\lambda$  der Sende-Millimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt (37b1) des ersten dielektrischen Streifens (37b) in Senderichtung (71) der Sende-Millimeterwellensignale des ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21) verbunden ist;
- (c) einen Zirkulator (76), der ein Eingangsende (78), ein Eingangs-/Ausgangsende (79) und ein Ausgangsende (80) besitzt, mit seinem Eingangsende (78) mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens (37b) verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende (79) Sende-Millimeterwellensignale, die in sein Eingangsende (78) eingegeben werden, ausgibt und an sein Ausgangsende (80) Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Ausgangsende (79) eingegeben werden, ausgibt;
- (d) einen dritten dielektrischen Streifen (77), wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende (79) des Zirkulators (76) verbunden ist, wobei am anderen Ende eine Sende-/Empfangsantenne (121) angeordnet ist;
- (e) einen Abschluß (112), der mit dem Ausgangsende (80) des Zirkulators (76) verbunden ist;
- (f) einen vierten dielektrischen Streifen (114), wovon an einem Ende eine Empfangsantenne (122) vorgesehen ist und der empfangene Millimeterwellensignale leitet;
- (g) einen Mischer (82), der den zweiten dielektrischen Streifen (75) mit dem vierten dielektrischen Streifen (114) verbindet, um Signale, die an die zweiten bzw. vierten dielektrischen Streifen (75, 114) übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und
- (h) ein Paar Leiterplatten (84, 85), die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Millimeterwellensignale ist, wobei in dem Zwischenraum die ersten bis vierten dielektrischen Streifen (37a, 37b, 75, 77, 114), der spannungsgesteuerte Oszillationsabschnitt (21), der Zirkulator (76) und der Mischer (82) angeordnet sind.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (37b1) des ersten dielektrischen Streifens (37b) an dem Punkt hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21) bogenförmig ist und einen Krümmungsradius  $r$  besitzt und der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt (115) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (86) des zweiten dielektrischen Streifens (75) mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt (116) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (88) des vierten dielektrischen Streifens (114) elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die zwei Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.
21. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der zweite dielektrische Streifen (75) längs eines bogenförmigen Abschnitts (119) mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt (118) des vierten dielektrischen Streifens (114) verbunden ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt (118) mit Krümmungsradius  $r$  des vierten dielektrischen Streifens (114) verbunden ist, so daß sich ein geradliniger Abschnitt (119) ergibt.

## 23. Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung, gekennzeichnet durch

- (a) eine Hochfrequenzdiode (33), die Hochfrequenzsignale im Millimeterwellenband ausgibt;  
 (b) einen ersten dielektrischen Streifen (37b; 37a), der mit einem Ende mit der Hochfrequenzdiode (33) verbunden ist und durch den sich Hochfrequenzsignale ausbreiten, die von der Hochfrequenzdiode (33) ausgehen werden;  
 (c) eine Impulsmodulationsdiode, die zwischen den ersten dielektrischen Streifen (37b; 37a) eingefügt oder längs des ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) installiert ist, so daß die Richtung (72), in der eine Vorspannung angelegt wird, mit der Richtung des elektrischen Feldes der Hochfrequenzsignale übereinstimmt, und die Sendemillimeterwellensignale ausgibt, die impulsmodulierte Signale der Hochfrequenzsignale sind, wobei die Impulsmodulation durch Einschalten/Ausschalten einer Vorspannung erfolgt;  
 (d) einen zweiten dielektrischen Streifen (75), der längs eines Bogens mit Krümmungsradius  $r$ , der wenigstens gleich der Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Sendemillimeterwellensignale ist, mit einem geradlinigen Abschnitt (37b1) des ersten dielektrischen Streifens (37b) in Senderichtung (71) der Sendemillimeterwellensignale hinter der Impulsmodulationsdiode des ersten dielektrischen Streifens (37b; 37a) verbunden ist;  
 (e) einen Zirkulator (76), der ein Eingangsende (78), ein Eingangs-/Ausgangsende (79) und ein Ausgangsende (80) besitzt, mit seinem Eingangsende (78) mit dem anderen Ende des ersten dielektrischen Streifens (37b) verbunden ist, an sein Eingangs-/Ausgangsende (79) Sendemillimeterwellensignale, die in sein Eingangsende (78) eingegeben werden, ausgibt und an sein Ausgangsende (80) Empfangssignale, die in sein Eingangs-/Ausgangsende (79) eingegeben werden, ausgibt;  
 (f) einen dritten dielektrischen Streifen (77), wovon ein Ende mit dem Eingangs-/Ausgangsende (79) des Zirkulators (76) verbunden ist, wobei am anderen Ende eine Sendemillimeterwellenantenne (121) angeordnet ist;  
 (g) einen Abschluß (112), der mit dem Ausgangsende (80) des Zirkulators (76) verbunden ist;  
 (h) einen vierten dielektrischen Streifen (114), wovon an einem Ende eine Empfangsantenne (122) vorgesehen ist und der empfangene Millimeterwellensignale leitet;  
 (i) einen Mischer (82), der den zweiten dielektrischen Streifen (75) mit dem vierten dielektrischen Streifen (114) verbindet, um Signale, die an die zweiten bzw. vierten dielektrischen Streifen (75, 114) übertragen werden, zu mischen, um Zwischenfrequenzsignale zu erzeugen; und  
 (j) ein Paar Leiterplatten (84, 85), die parallel zueinander in einem Abstand angeordnet sind, der höchstens gleich der halben Wellenlänge ( $\lambda$ ) der Millimeterwellensignale angeordnet sind, wobei in dem Zwischenraum zwischen den Leiterplatten (84, 85) die ersten bis vierten dielektrischen Streifen (37a, 37b, 75, 77, 114), die Impulsmodulationsdiode, der Zirkulator (76) und der Mischer (82) angeordnet sind.
24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (37b1) des ersten dielektrischen Streifens (37b) hinter dem spannungsgesteuerten Oszillationsabschnitt (21) mit Krümmungsradius  $r$  gekrümmt ist und der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt geradlinig verbunden ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem ein bogenförmiger Abschnitt (115) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (86) des zweiten dielektrischen Streifens (75) mit einem geradlinigen oder bogenförmigen Abschnitt (116) an einem Zwischenpunkt in Senderichtung (88) des vierten dielektrischen Streifens (114) elektromagnetisch gekoppelt ist, wobei die zwei Zwischenpunkte nahe beieinander liegen.
26. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der zweite dielektrische Streifen (75) längs eines bogenförmigen Abschnitts (119) mit Krümmungsradius  $r$  mit einem geradlinigen Abschnitt (118) des vierten dielektrischen Streifens (114) verbunden ist.
27. Millimeterwellen-Sende-/Empfangsvorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (82) einen Aufbau besitzt, bei dem der zweite dielektrische Streifen (75) mit dem bogenförmigen Abschnitt (118) des vierten dielektrischen Streifens (114), der einen Krümmungsradius  $r$  besitzt, verbunden ist, woraus sich ein geradliniger Abschnitt (119) ergibt.

---

 Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen
 

---

- Leerseite -

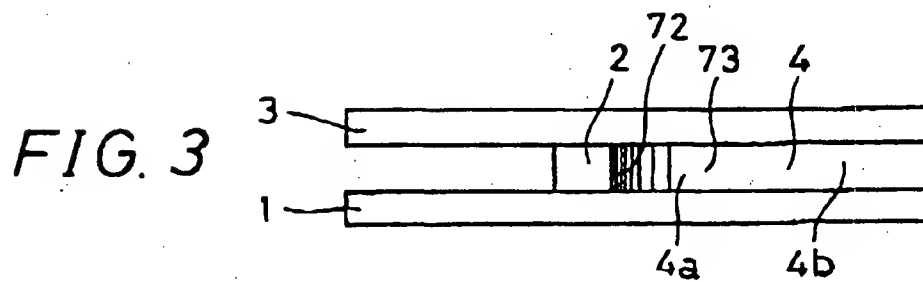
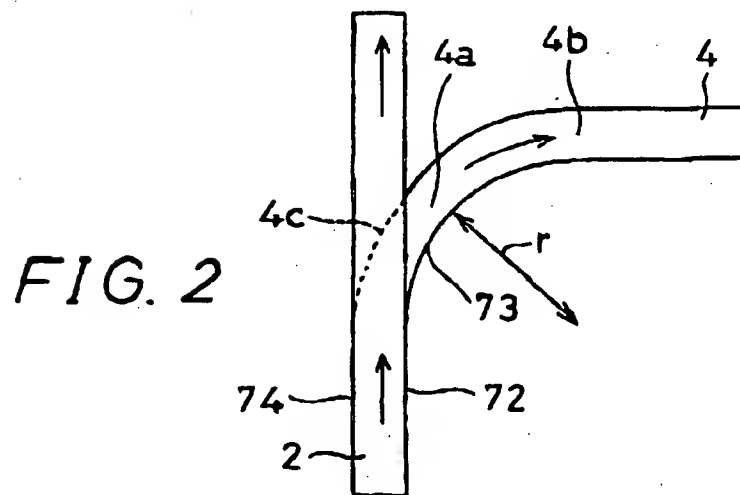
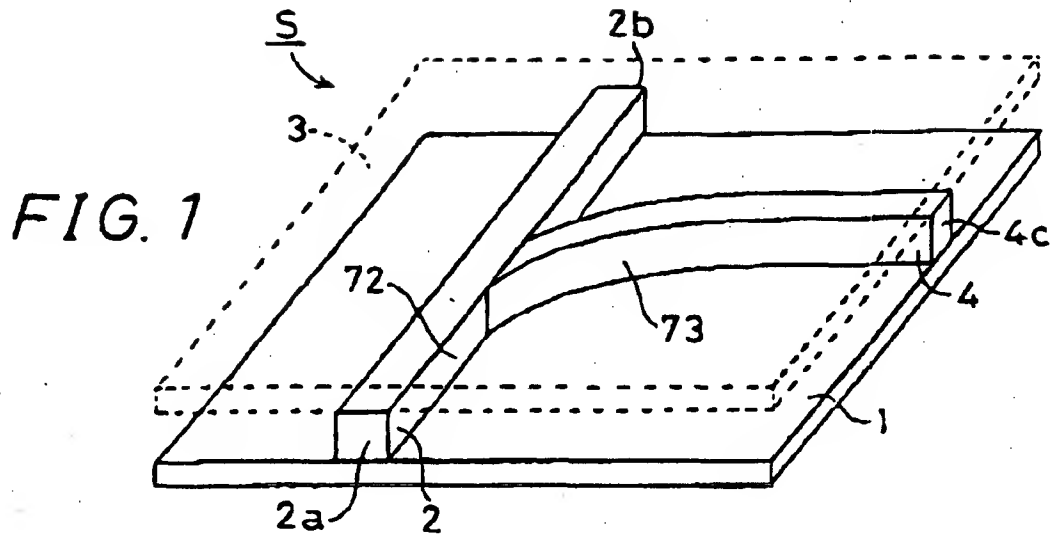


FIG. 4

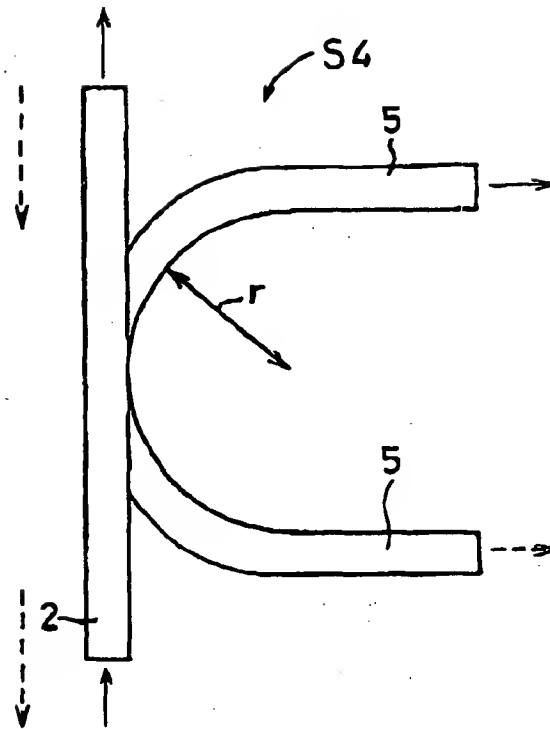


FIG. 5

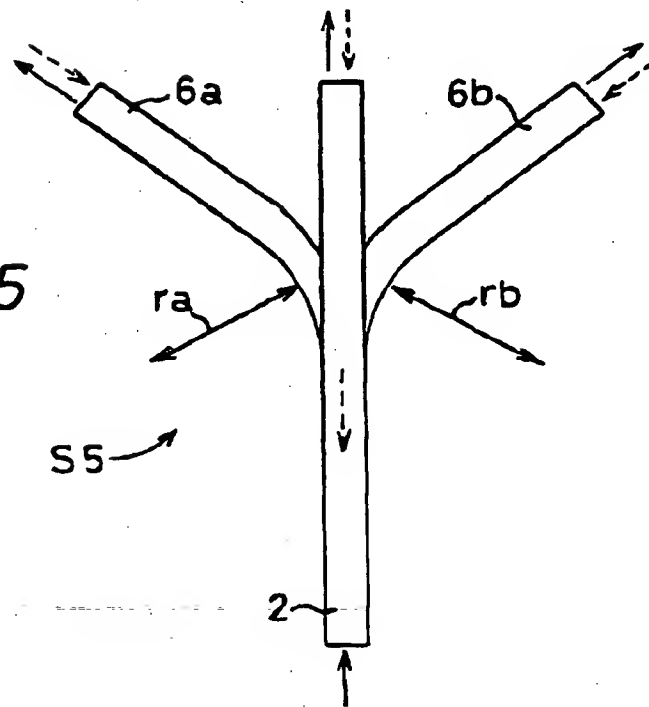


FIG. 6

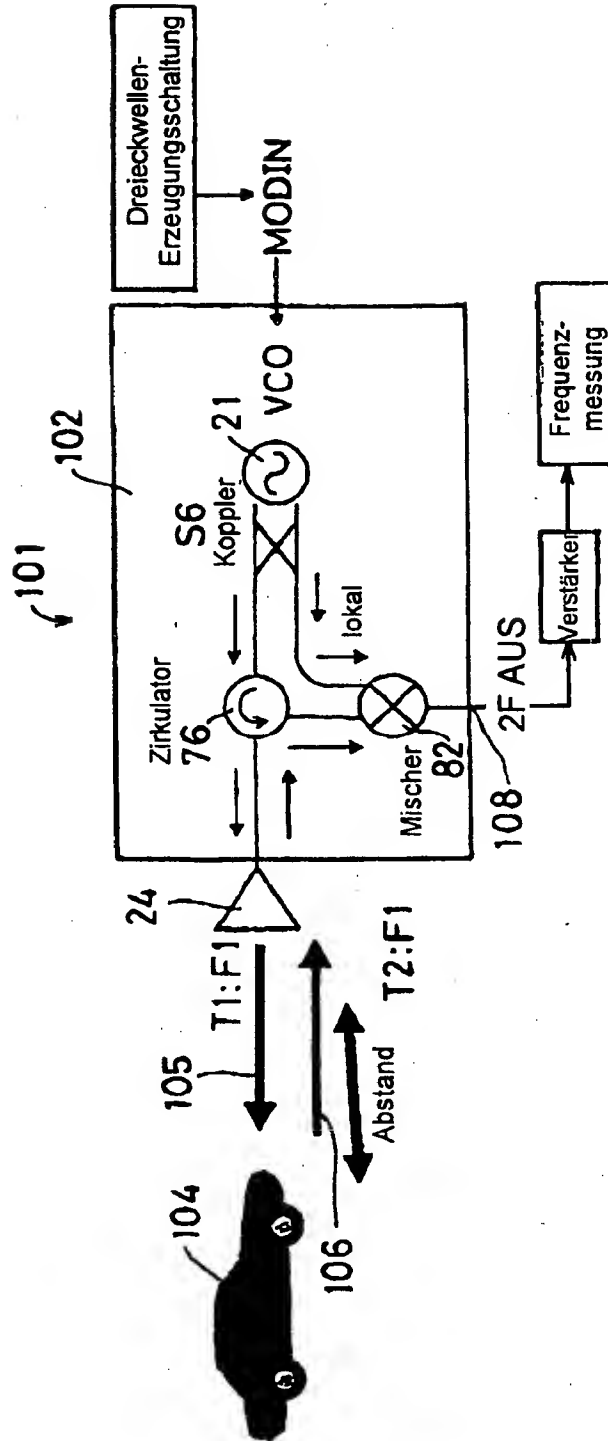




FIG. 7

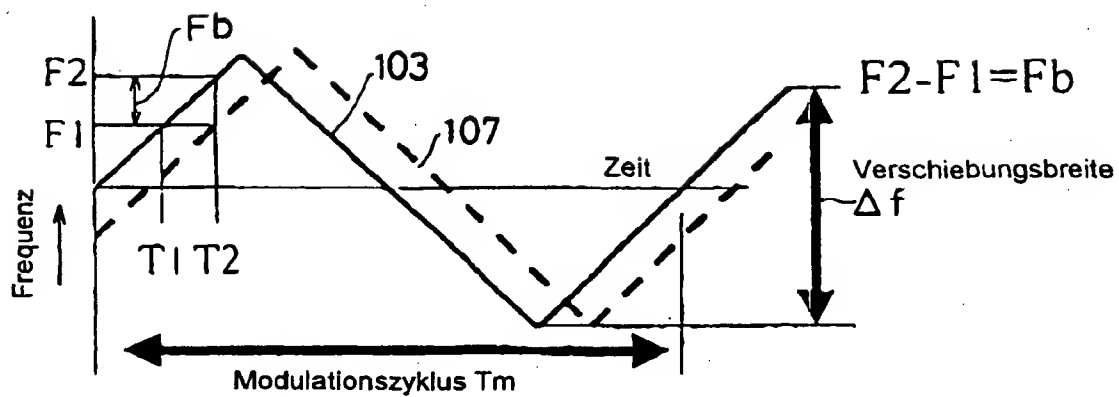


FIG. 8

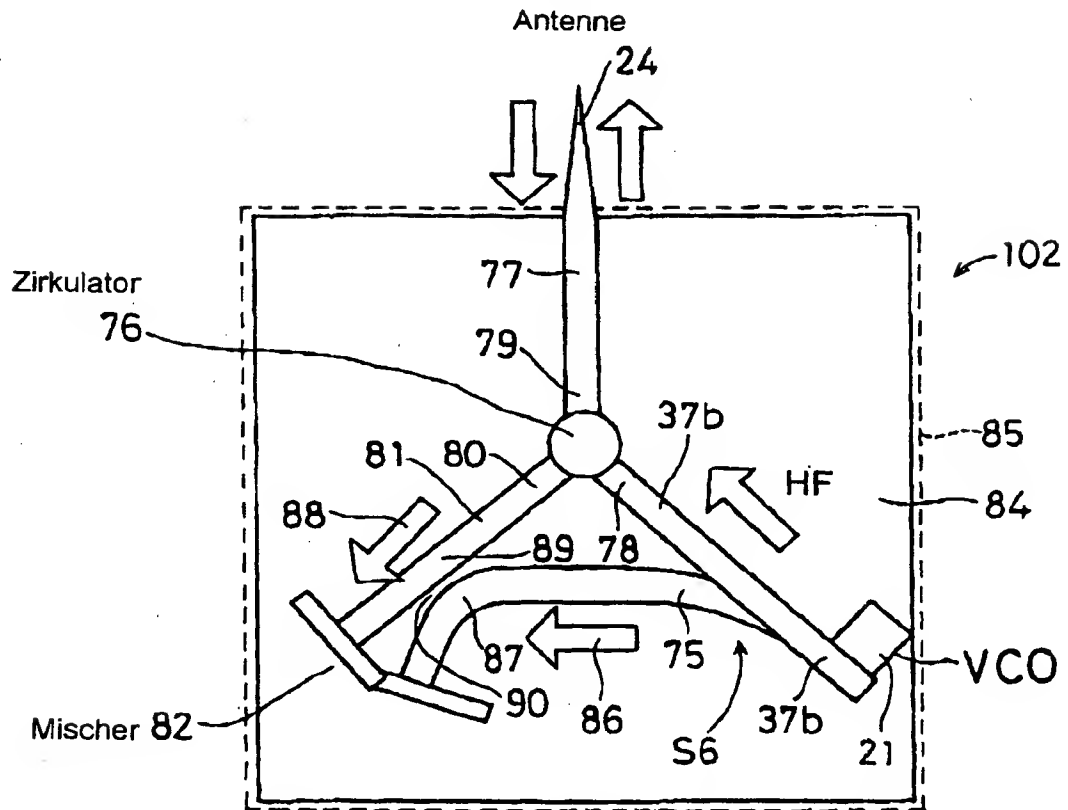


FIG. 9

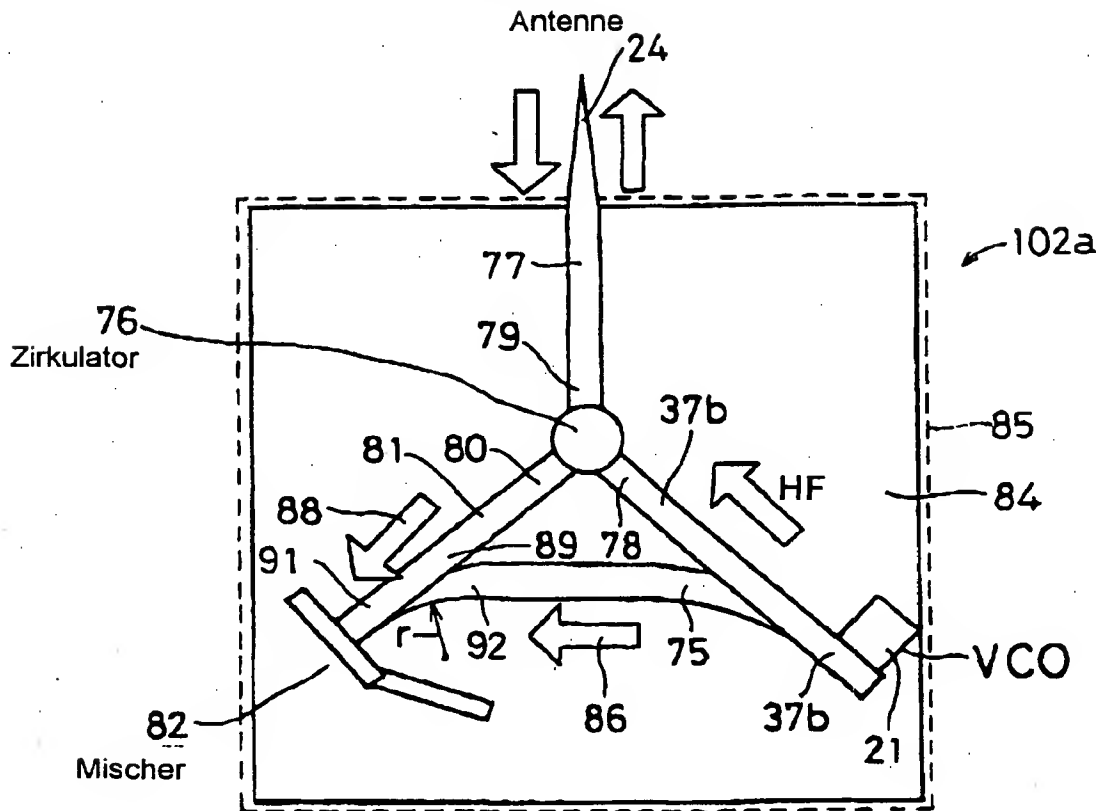


FIG. 10

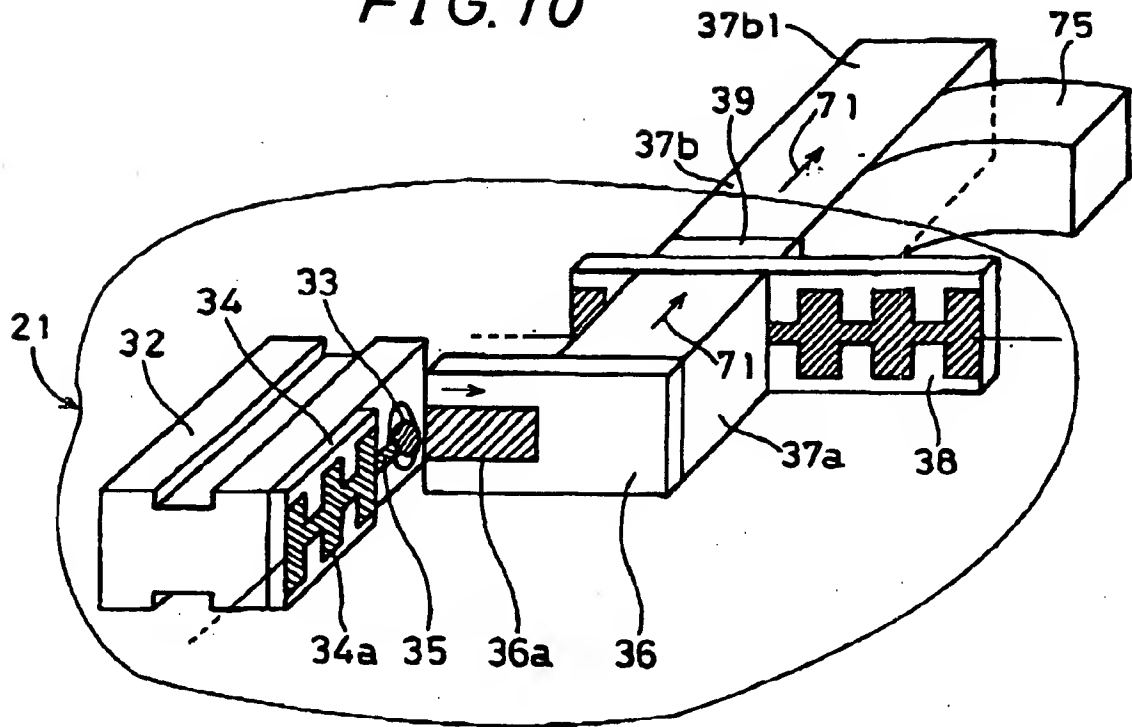


FIG. 11

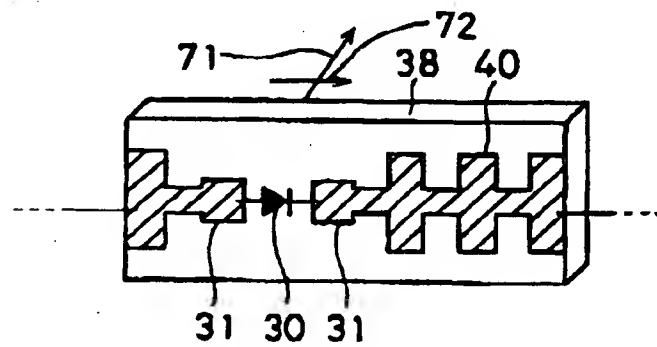


FIG. 12

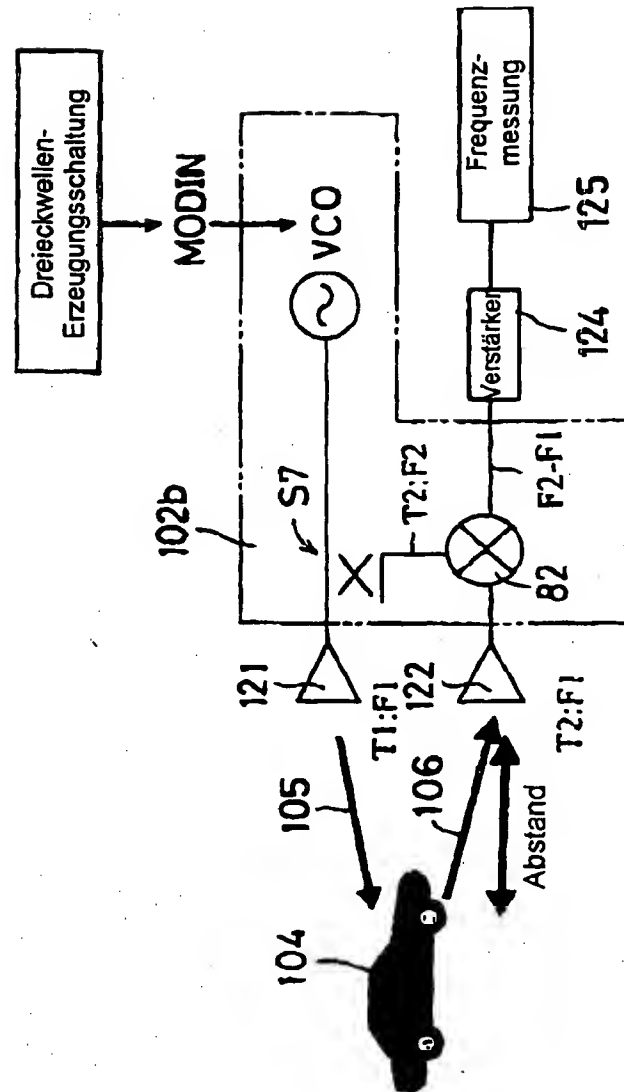


FIG. 13

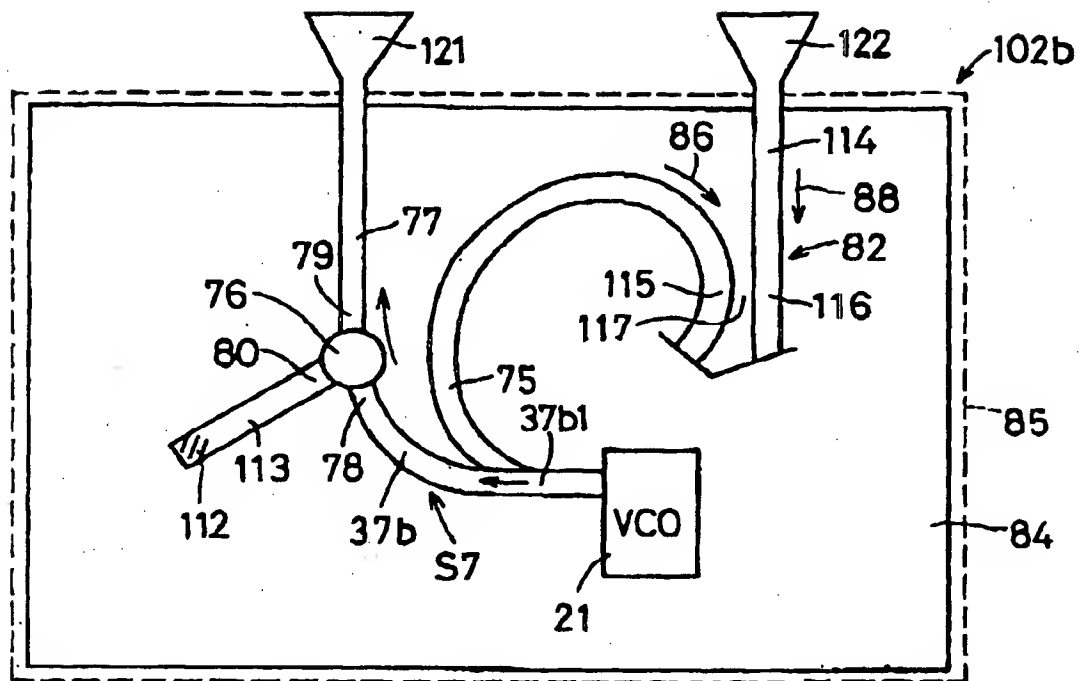
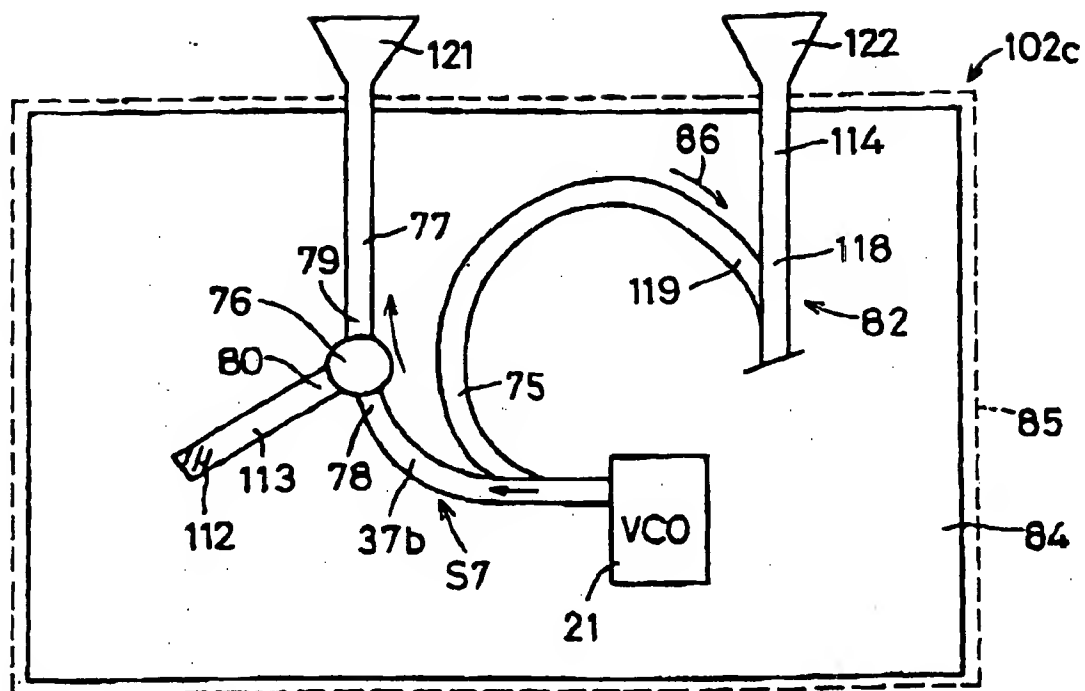




FIG. 14



**FIG. 15**

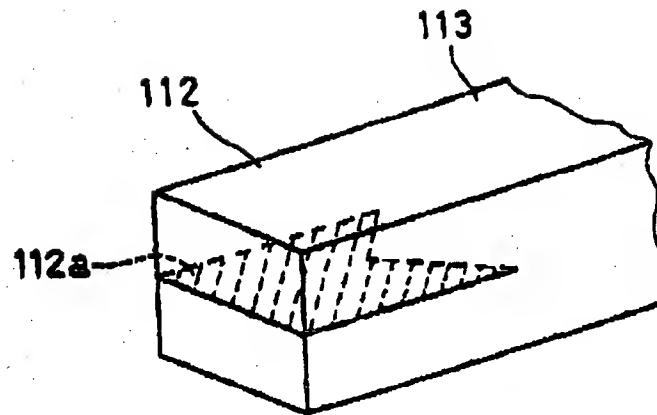
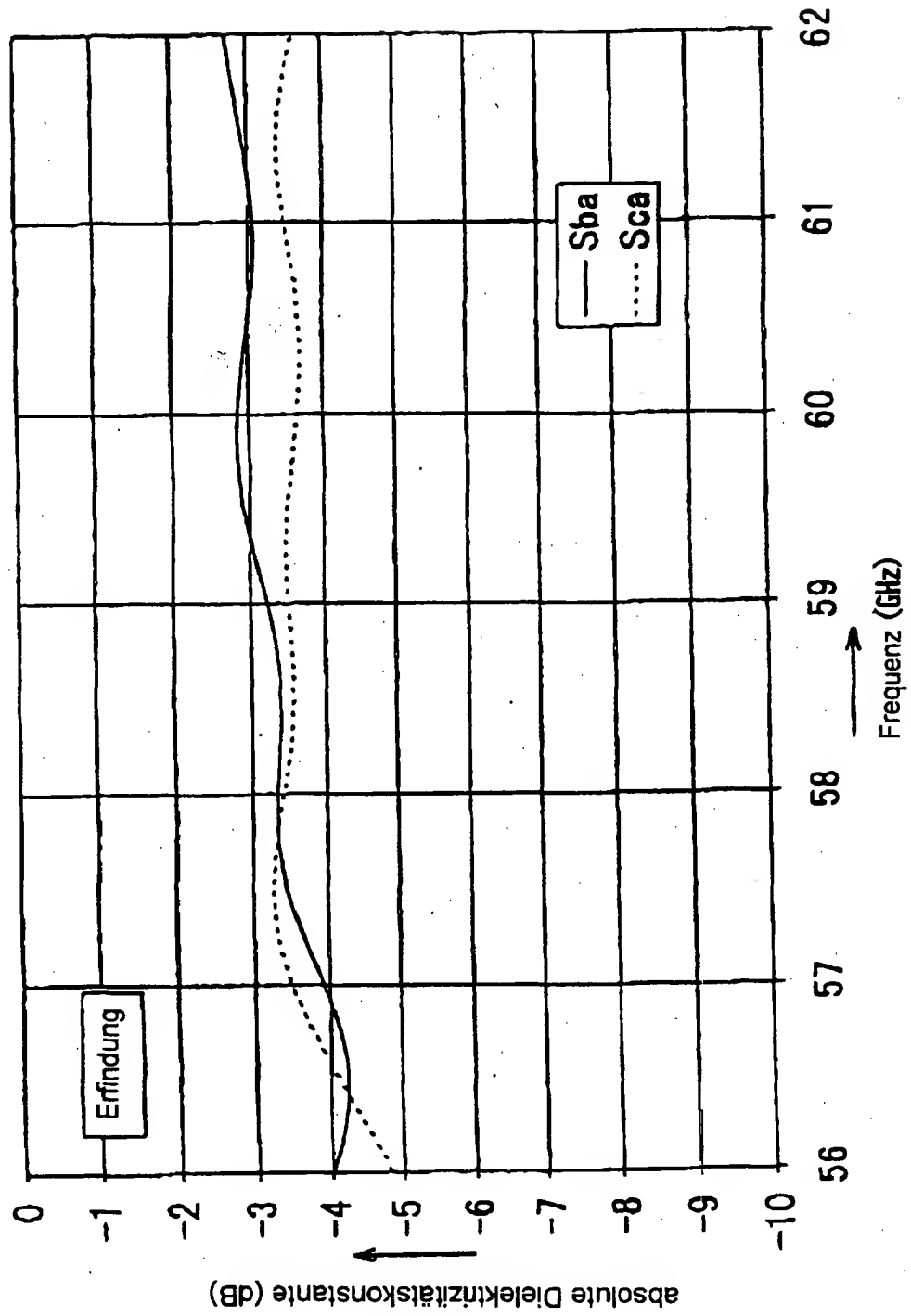
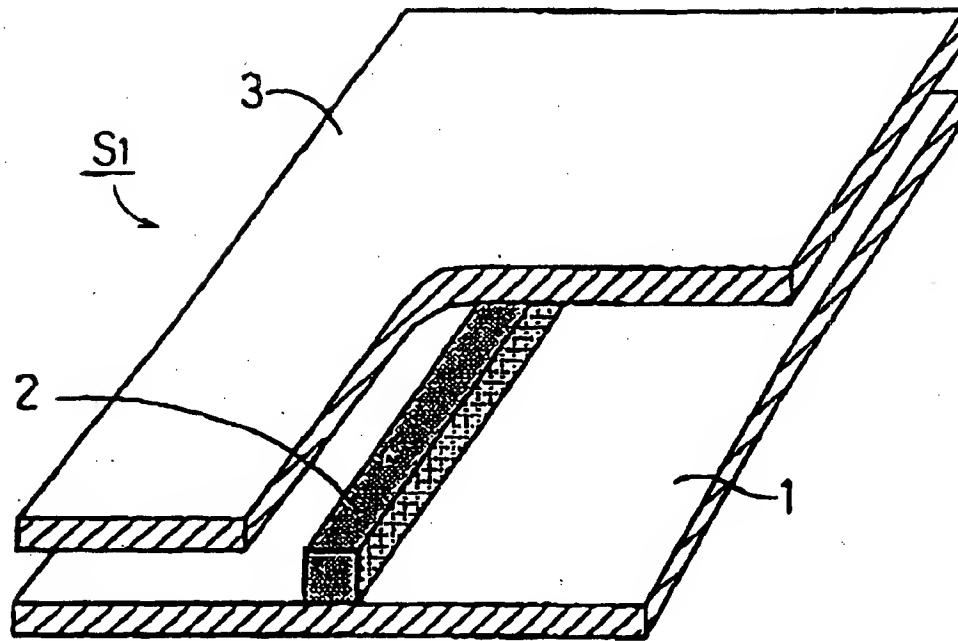


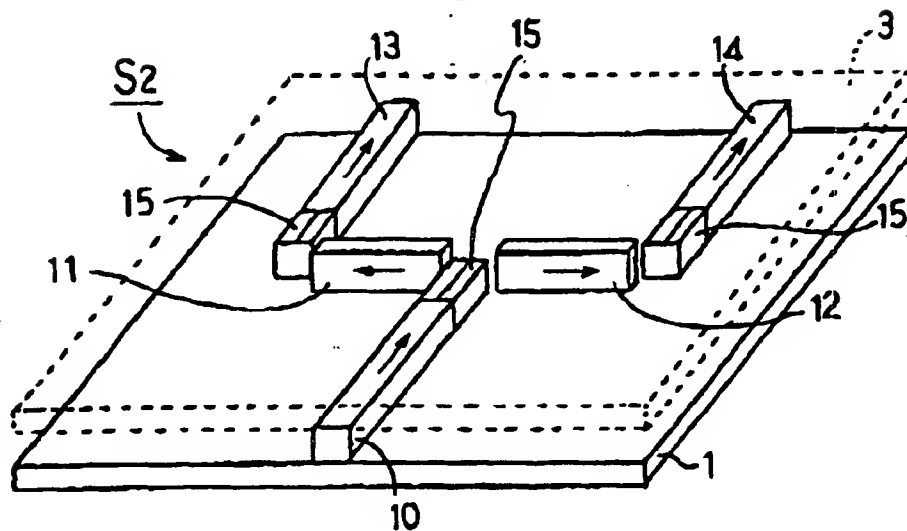
Fig. 16



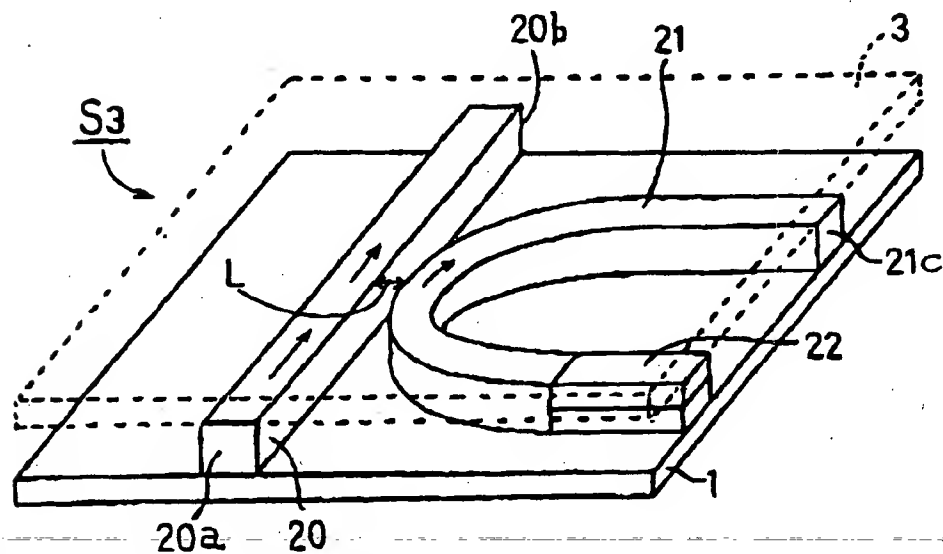
**Fig. 17** Stand der Technik



*Fig. 18* Stand der Technik



*Fig. 19* Stand der Technik



*Fig. 20* Stand der Technik